М. М. Пэттисонъ Мюръ,
лекторъ химіи въ Кембриджѣ.

Разсказы о химическихъ элементахъ.

Переводъ съ англійскаго подъ редакціей
С. Г. Крапивина,
пр.-доц. московскаго университета.

Изданіе М. М. СИДОРОВА.

МОСКВА.—1907.



МОСКВА.
Типографія Ф. Я. БУРЧЕ, Тверской бул., д. Яголковскаго.

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Эта книжка представляетъ собой попытку изложить въ извѣстномъ порядкѣ нѣкоторыя руководящія понятія изъ области химической науки; я старался избѣгать ненужныхъ спеціальныхъ подробностей —съ одной стороны, и иллюстрировать изложеніе примѣрами изъ обыденной жизни—съ другой. Я все время старался обращать вниманіе читателя на великія обобщенія, доступныя въ химіи, и въ то же время указывать на постоянное приложеніе этихъ обобщеній къ нашей повседневной жизни.

Кембриджъ.

M. M. Pattison Muir, M. A.

ПРЕДИСЛОВІЕ РЕДАКТОРА.

„Разсказы о химическихъ элементахъ“ М. М. Пэттисона Мюра (автора „Химіи огня“) являются необходимымъ дополненіемъ къ первоначальнымъ учебникамъ химіи. Въ этой книжкѣ читатель найдетъ постепенно раскрывающуюся яркую картину атомической гипотезы, безъ которой почти невозможно

болѣе глубокое изученіе химіи, вь особенности химіи соединеній углерода („органической химіи"). Развитіе понятій о смѣси и химическомъ соединеніи, простомъ и сложномъ тѣлѣ, атомѣ и молекулѣ, о гипотезѣ Авогадро, наконецъ, — иллюстрируется очень удачно подобранными примѣрами изъ области химическаго знанія. Редакторъ съ своей стороны позволилъ себѣ сдѣлать въ текстѣ нѣсколько незначительныхъ добавленій, не нарушающихъ общей идеи автора, который въ развитіи атомической гипотезы и ея приложеніи къ химіи соединеній углерода видитъ одинъ изъ наиболѣе прочныхъ залоговъ успѣха дальнѣйшаго накопленія нашихъ знаній въ области химіи.

Москва, ноябрь 1906 г.

С. Г. Крапивинъ.

ГЛАВА I.

Введеніе.

Каждый, кто хоть сколько-нибудь внимательно присмотрится къ перемѣнамъ, постоянно происходящимъ съ тѣлами окружающей насъ природы, навѣрное замѣтитъ, что хотя эти явленія на первый взглядъ и отличаются рѣзко другъ отъ друга, все же нѣкоторыя изъ нихъ имѣютъ между собой много сходнаго. Это сходство сказывается въ томъ, что въ нихъ происходитъ или измѣненіе вещества или измѣненіе формы или измѣненіе свойствъ. Такъ, когда горитъ огонь, происходитъ превращеніе угля или дерева въ пламя, дымъ и золу. Когда горитъ свѣтильный газъ, то мы не видимъ никакихъ новыхъ тѣлъ, такъ что какъ будто бы при этомъ горѣніи ничего новаго не образуется. Однако, въ этомъ случаѣ легко можно обнаружить появленіе новыхъ тѣлъ, если наше обоняніе придетъ на помощь зрѣнію, такъ какъ мы прекрасно знаемъ, что если бы горящій газъ не превращался во что-нибудь другое, то мы сейчасъ бы почувствовали непріятный запахъ свѣтильнаго газа. Когда керосиновая лампа плохо заправлена и коптитъ, новыя тѣла, образующіяся при этомъ изъ ке-

росина, даютъ знать о своемъ присутствіи невыносимымъ запахомъ. На сухихъ и окоченѣлыхъ зимою вѣтвяхъ весной появляются зеленыя почки; лѣтомъ эти почки замѣняются листьями, а осенью зеленые листья окрашиваются въ красный, пурпуровый и золотой цвѣтъ. Цвѣточныя почки на плодовыхъ деревьяхъ, появленіе которыхъ возвѣщало возвращеніе теплыхъ дней, въ это время превращаются въ плоды, а на поверхности этихъ плодовъ отъ дѣйствія солнца образуются новыя вещества, какъ показываетъ ихъ яркая окраска. Поля вспахиваютъ и засѣваютъ сѣменами, а изъ этихъ сѣмянъ въ свое время родится рожь и другіе сорта хлѣба; блѣднозеленые колосья мало по малу темнѣютъ и желтѣютъ, и, наконецъ, волнующаяся золотая нива покажетъ намъ, что кругъ превращеній сѣмянъ совершился.

Вода превращается въ ледъ, а дождь—въ градъ и снѣгъ. Горная страна, сегодня сухая и безмолвная, завтра огласится шумомъ бѣгущихъ потоковъ. Самыя горы понемногу растрескиваются, и обломки горъ превращаются въ пыль, образуя почву долинъ.

Если же мы обратимъ вниманіе на отношеніе человѣка къ окружающей его природѣ, то окажется, что можно безъ всякаго преувеличенія сказать слѣдующее: въ общемъ все это отношеніе сводится или къ использованію тѣхъ перемѣнъ вещества, свойствъ или формы предметовъ, которыя совершаются въ тѣлахъ природы безъ участія человѣка, или къ воспроизведенію новыхъ измѣненій предметовъ путемъ соз-

данія такихъ условій, которыя не имѣютъ мѣста безъ его вмѣшательства.

Дерево, которымъ мы пользуемся для постройки домовъ и кораблей, для выдѣлки утвари и многихъ другихъ предметовъ нашего повседневнаго обихода, представляетъ собою продуктъ тѣхъ сложныхъ измѣненій, которыя претерпѣваетъ въ живомъ растеніи его пища, добытая изъ воздуха—листьями, а изъ земли—корнями. Есть и такія растенія, напр. сахарный тростникъ, свекловица, сахарный кленъ и т. п., которыя превращаютъ вещества, поглощенныя ихъ листьями и корнями, въ сахаръ; если такія растенія раздробить и выжать изъ нихъ сокъ, а потомъ этотъ жидкій сладкій сокъ выкипятить, то въ остаткѣ получится сахаръ. Въ живыхъ лабораторіяхъ другихъ растеній изъ тѣхъ же веществъ (или очень съ ними сходныхъ), изъ которыхъ въ сахарномъ тростникѣ или свекловицѣ образуется сахаръ, вырабатываются красящія вещества, какъ напр., индиго и марена; въ другихъ—душистыя смолы, какъ ладонъ и мирра, или эфирныя пахучія масла, какъ напр. лимонное, бергамотное или розовое масло, или камеди, какъ трагантъ и гуммиарабикъ, или такія вещества, какъ гуттаперча и каучукъ, или, наконецъ, такія, какъ хининъ, морфинъ, опій, салициловая кислота и многія другія цѣлебныя вещества, которыя часто облегчаютъ страданія во время болѣзней.

Большая часть веществъ, употребляемыхъ человѣкомъ въ пищу, представляетъ продукты превращеній, совершающихся въ другихъ живыхъ суще-

ствахъ: животныхъ и растеніяхъ. Растенія поглощаютъ изъ воздуха и почвы сравнительно простые, то-есть мало сложныя вещества и образуютъ изъ нихъ такія болѣе сложныя тѣла, какъ крахмалъ и сахаръ. Растенія поѣдаются животными, въ тѣлѣ которыхъ дальше идутъ превращенія, начавшіяся въ растеніяхъ. Оба рода вещества —и растительнаго и животнаго происхожденія—потребляются человѣкомъ и измѣняются въ чрезвычайно сложный матеріалъ, изъ котораго состоитъ человѣческое тѣло; такимъ образомъ въ тѣлахъ животныхъ и растеній постоянно совершается усложненіе (синтезъ) болѣе простыхъ видовъ матеріи съ одной стороны и постоянное расщепленіе ихъ на менѣе сложныя вещества — съ другой.

Обрабатывающая промышленность даетъ намъ много примѣровъ сознательнаго направленія къ опредѣленной цѣли измѣненій, происходящихъ съ тѣлами. Желѣзную руду подвергаютъ обработкѣ въ доменныхъ печахъ: при подходящихъ условіяхъ, красноватый землистый камень, плавни и уголь превращаются въ слитки чугуна и шлакъ. Затѣмъ этотъ чугунъ плавятъ и продуваютъ чрезъ горячую жидкую массу воздухъ, причемъ чугунъ претерпѣваетъ новое измѣненіе и превращается въ твердую, ковкую и блестящую сталь, а если это продуваніе продолжается долго, то и въ мягкое желѣзо. Сѣру, а гдѣ она дорога—колчеданъ,—жгутъ въ особенныхъ печахъ въ струѣ воздуха и проводятъ образовавшійся удушливый газъ въ громадныя свинцовыя

камеры, въ которыхъ онъ смѣшивается съ водянымъ паромъ и другимъ краснобурымъ газомъ, служащимъ передатчикомъ кислорода; въ результатѣ этого процесса получается купоросное масло или сѣрная кислота--густая, кислая, жгучая жидкость, которая въ огромныхъ количествахъ употребляется во всѣхъ другихъ производствахъ.

Обыкновенную поваренную соль нагрѣваютъ въ печахъ съ купороснымъ масломъ въ особенныхъ ретортахъ, затѣмъ полученный сульфатъ (глауберову соль) сплавляютъ въ отражательныхъ печахъ съ углемъ и мѣломъ. Твердый черный остатокъ послѣ этой операціи извлекаютъ (выщелачиваютъ) водой и, выпаривши воду, получаютъ соду. Кипяченіемъ соды съ известковымъ молокомъ превращаютъ ее въ ѣдкій натръ. Если этотъ ѣдкій натръ кипятить съ саломъ, деревяннымъ, кокосовымъ или хлопчатниковымъ масломъ, то получится мыло и глицеринъ. Обрѣзки стараго желѣза накаливаютъ съ поташемъ и стружками копытъ и обрѣзками роговъ, остатками шерсти или кусками кожи, потомъ полученную массу обрабатываютъ водой, процѣживаютъ и выпариваютъ растворъ. Въ концѣ концовъ получаются большіе, гибкіе, прозрачные, желтые кристаллы такъ называемой „желтой кровяной соли“ (желтое синькали). Эту желтую кровяную соль растворяютъ въ водѣ и приливаютъ къ ней растворъ желѣза въ кислотѣ; тотчасъ же получается темносиняя краска— такъ называемая „Берлинская лазурь.“ Песокъ или мелко-зернистый кварцъ тѣсно смѣшиваютъ съ из-

вестью и содой или поташомъ и расплавляють эту смѣсь въ до-бѣла раскаленныхъ печахъ. Полученный огненно-жидкій сплавъ выливаютъ на плоскій металлическій столъ, и образуется кусокъ прозрачнаго безцвѣтнаго стекла.

Каменноугольный деготь—побочный продуктъ при добываніи свѣтильнаго газа изъ каменнаго угля—подвергаютъ перегонкѣ. Первый погонъ безцвѣтной жидкости смѣшиваютъ и сильно взбалтываютъ со смѣсью крѣпкой водки (азотной кислоты) и купороснаго масла (сѣрной кислоты.) Послѣ такой обработки получается тяжелое красновато-желтое масло съ запахомъ, похожимъ на запахъ горькихъ миндалей. Это такъ называемое мирбановое масло нагрѣваютъ втеченіе нѣкотораго времени съ желѣзными опилками и крѣпкимъ уксусомъ (уксусной кислотой); затѣмъ перегоняютъ его, прибавивъ много известковаго молока; отгоняется безцвѣтная жидкость, получившая названіе—анилинъ. Подвергая полученный анилинъ соотвѣтственной обработкѣ различными веществами, можно приготовить изъ него громадное количество красящихъ веществъ, при помощи которыхъ можно окрашивать бумагу, шерсть, шелкъ и другія ткани во всевозможные цвѣта различныхъ тоновъ и оттѣнковъ, замѣчательныхъ по красотѣ и прочности.

Выжатый изъ винограда сокъ, постоявъ на воздухѣ нѣкоторое время, пріобрѣтаетъ новыя свойства; отъ дѣйствія попавшихъ въ него дрожжей часть сахара исчезаетъ изъ раствора, а вмѣсто него получается легко летучая жидкость—винный спиртъ, об-

ладающій весьма замѣчательными свойствами и особенностями; сладкій сокъ изъ плодовъ винограда превратился въ вино, которое „веселитъ сердце человѣка.“ Прорастающій ячмень нагрѣваютъ до опредѣленной температуры; полученный солодъ „затираютъ“ съ горячей водой, къ полученной жидкости—пивному суслу—прибавляютъ пивныхъ дрожжей и оставляютъ „бродить“ въ прохладномъ мѣстѣ. При этомъ съ пивнымъ сусломъ происходитъ то же, что и съ виноградныхъ сокомъ, оставленнымъ на воздухѣ; почти весь сахаръ исчезаетъ, образуются алкоголь (спиртъ) и углекислый газъ, и настой соложенаго ячменя превращается въ пиво.

Наконецъ, наше поваренное (кулинарное) искусство развѣ это не сознательное направленіе извѣстныхъ возможныхъ превращеній вещества, т. е. измѣненій свойствъ съѣстныхъ припасовъ въ такую сторону, что при этомъ получаются новыя вещества, легче питающія наше тѣло, какъ говорятъ удобоваримыя, обладающія пріятнымъ вкусомъ и оживляющія наши силы и способности?

Исторія химіи и есть исторія попытокъ разобраться во всѣхъ возможныхъ превращеніяхъ и видоизмѣненіяхъ окружающихъ насъ неживыхъ тѣлъ, въ родѣ тѣхъ, о которыхъ мы упомянули въ предыдущихъ строкахъ.

Въ прежнія времена предполагали, что каждое тѣло природы можетъ быть превращено въ любое другое тѣло, конечно, при томъ допущеніи, что будутъ подысканы подходящія къ тому условія. На

этомъ предположеніи и были основаны мѣшкотные алхимистическіе пріемы. Для алхимиковъ возможность безграничнаго превращенія веществъ одного въ другое не была однимъ только смѣлымъ предположеніемъ, а являлась, какъ они думали, слѣдствіемъ общаго закона природы, на которомъ эти настойчивые и терпѣливые люди и основывали свои удивительныя операціи. Пораженные глубокими и неожиданными измѣненіями, которыя такъ часто происходятъ въ природѣ съ тѣлами, алхимики давали утвердительной отвѣтъ на вопросъ, который самъ собой напрашивался при видѣ этихъ превращеній: „можно ли превратить данное тѣло во всякое другое?“ И пытаясь найти нѣчто стойкое, неизмѣнное, реальное, алхимики по врожденному стремленію человѣчества найти основное начало всего, натолкнулись на заманчивую гипотезу (научное предположеніе) о „единомъ веществѣ,“ которое они и называли „квинтэссенціей“, „камнемъ мудрости,“ „священной водой,“ „философскимъ камнемъ“ и многими другими именами. Это вещество, по ихъ представленіямъ, должно лечь въ основу всѣхъ другихъ тѣлъ природы; поэтому неудивительно, что въ средніе вѣка глубоко и искренне вѣрили въ возможность превращенія чаще всего встрѣчающихся металловъ и минераловъ въ болѣе рѣдкіе и цѣнные; существовали даже описанія такихъ превращеній, ведущія свое начало отъ боговъ и легендарныхъ лицъ глубокой древности и дошедшихъ до нашего времени чрезъ египетскихъ, греческихъ и арабскихъ ученыхъ. Отъ „трижды великаго Гермеса“ до алхимиковъ конца 18-го вѣка прошла, постепенно мѣняясь, легенда о возможности „трансмутаціи“ всего существующаго въ природѣ, и первые истолкователи исторіи превращеній матеріи—алхимики—находили, что надо создать языкъ, которымъ можно было бы передавать ихъ толкованіе легенды. Основное положеніе ихъ ученія находило выраженіе въ изреченіяхъ въ родѣ слѣдующаго: „Все, что только существуетъ въ природѣ, представляетъ опредѣленную форму матеріи, которую можно выдѣлить и довести до извѣстной степени совершенства; тогда она будетъ цѣликомъ превращать въ самое себя всѣ несовершенныя вещества, съ которыми ее приведутъ въ соприкосновеніе.

„Было бы нелѣпо предполагать, что природа въ одно мгновеніе создаетъ чистое золото въ нѣдрахъ земли.

Сначала появляется нѣчто другое.

А это и есть первоначальное вещество...

Такое первоначальное вещество не можетъ разомъ усовершенствоваться и перейти изъ одной крайности въ другую—какъ напр. въ чистое золото.

И не можетъ оно перешагнуть чрезъ всѣ промежуточныя ступени.

Въ природѣ все появляется сначала въ несовершенномъ видѣ.

И потомъ только превращается въ совершенное состояніе“.

Однако же, основывая всѣ свои работы на представленіи о такой совершенной матеріи, которая

способна превращать въ самое себя всѣ несовершенныя вещества, алхимики признавали, что для полученія такого „совершеннаго вещества,“ придется затратить массу труда и усилій. Они признавали, какъ утверждаетъ одинъ изъ нихъ, что „природа дѣйствуетъ не по теоріи, придуманной людьми, а по собственнымъ законамъ, и, конечно, одно наше воображеніе и умъ не смогутъ осуществить чудесныхъ превращеній, а только руки произведутъ ихъ.“ Приложивъ съ своей стороны всевозможныя усилія, чтобы поставить вещество въ условія, благопріятныя для его естественныхъ превращеній, алхимики были убѣждены, что тогда превращенія протекутъ именно такъ, какъ они, по ихъ мнѣнію, и должны совершаться, и что эти превращенія будутъ направлены именно къ усовершенствованію вещества по намѣченному изслѣдователями пути. Надо сказать правду, иногда это усовершенствованіе какъ будто бы и происходило: легко плавкій и хрупкій *сѣрнистый свинецъ*, который считался металломъ *свинчакомъ*,—при надлежащей обработкѣ превращался въ *свинецъ*; сжигая свинецъ въ сильномъ жару калильной печи съ подомъ изъ пористой обожженной кости получали немного *серебра*, которое, къ слову сказать, уже заключалось раньше въ свинчакѣ въ видѣ *сѣрнистаго серебра*. Настоящей „трансмутаціи“ —фунтъ за фунтъ—тутъ, конечно, не было. Ничтожное количество сурьмы придавало большому количеству мѣди цвѣтъ и блескъ серебра, но не превращало мѣди въ серебро, потому что при сильномъ

накаливаніи—любимой операціи алхимиковъ—снова получалась мѣдь. При этихъ алхимистическихъ изслѣдованіяхъ было сдѣлано очень много важныхъ открытій, были изучены главнѣйшія свойства не только металловъ и минераловъ, но и животныхъ и растительныхъ веществъ: дѣло въ томъ, что, по мнѣнію алхимиковъ, „камень мудрецовъ“ долженъ былъ омолодить старое тѣло и исцѣлять всѣ болѣзни. Постоянная неудача при попыткахъ „трансмутаціи“ мало по малу убѣдили алхимиковъ въ томъ, что путь, избранный ими, не отвѣчаетъ дѣйствительному положенію вещей. Однакоже много столѣтій прошло до тѣхъ поръ, пока эти первые естествоиспытатели начали выказывать нѣкоторую готовность принять сколько-нибудь вѣрное представленіе о томъ, какъ надо понимать взаимное отношеніе частей природы. Большинство изъ этихъ естествоиспытателей раннихъ временъ начинали свои изслѣдованія постройкой стѣнъ, которыми отдѣльныя явленія природы рѣзко ограничивались отъ другихъ. Трудно, конечно, предположить, что они сами воздвигали эти стѣны вполнѣ сознательно; скорѣе всего имъ казалось, что они видятъ высокія каменныя стѣны тамъ, гдѣ на самомъ дѣлѣ нѣтъ и простыхъ перегородокъ. Алхимики работали въ созданныхъ ими самими умственныхъ „овечьихъ загонахъ“, какъ мѣтко выразился историкъ алхиміи, тогда какъ теперешніе химики по большей части заняты своимъ дѣломъ въ просторныхъ садахъ владѣній ихъ ума. Однако же, алхимики сдѣлали въ окружающихъ ихъ стѣнахъ го-

раздо больше проломовъ, чѣмъ мы теперь въ своихъ. Надо думать, что мы признаемъ теперь то, съ чѣмъ наши предшественники не могли согласиться, а именно, что всѣ дѣленія и перегородки, которыя приходится устанавливать, дѣло нашихъ рукъ, и что устанавливать ихъ надо единственно для того, чтобы можно было легче разобраться въ безконечно сложномъ цѣломъ.

Исторію науки можно представить въ видѣ описанія того, какъ разрушались или отодвигались въ сторону искусственно построенныя перегородки; такимъ образомъ всѣ великіе люди науки были въ тоже время знаменитыми и славными разрушителями... стѣнъ и предразсудковъ. Орудія разрушенія, которыми пользуются такіе люди, зачастую осмѣивались невѣжественными мудрецами, объявляющими, что стѣны эти не падутъ никогда. Трескъ и грохотъ разрушающихся стѣнъ слишкомъ медленно проникалъ въ уши тѣхъ, кто не хотѣлъ этого слышать, и глаза тѣхъ, кто не желалъ ничего замѣчать, долго еще видѣли на очистившихся мѣстахъ, покрытыхъ жалкими развалинами, прочныя постройки.

Достойно замѣчанія то обстоятельство, что центральной главной идеей алхимиковъ, которая тѣмъ не менѣе привела ихъ къ такому близорукому представленію о природѣ, было единство явленій природы.

Если перевести ихъ разсужденія на современный языкъ, то получится нѣчто въ родѣ слѣдующаго: растенія выростаютъ изъ сѣмянъ, и растенія въ то же время рѣзко отличаются отъ сѣмянъ; животныя

съ возрастомъ дѣлаются больше, сильнѣе и совершеннѣе. Поэтому, конечно, растеніе можно назвать болѣе совершеннымъ существомъ, чѣмъ сѣмя, и вполнѣ взрослое животное болѣе совершеннымъ, чѣмъ молодое. Оба — и животное и растеніе — растутъ, достигаютъ наибольшей степени развитія, и умираютъ. Это и будутъ степени совершенства животнаго и растительнаго міра. Но—(положимъ, что мы продолжаемъ разсужденія алхимиковъ) въ природѣ все совершается однообразными путями человѣкъ—вѣнецъ и слава созданія, и было бы безумно предполагать, что онъ не можетъ постичь природы; чтобы удержалось единство силъ и законовъ природы надо, чтобы и минералы и металлы и другія неодушевленныя существа расли и превращались изъ менѣе совершенныхъ формъ въ болѣе совершенныя; и подобно тому какъ среди живыхъ существъ есть различныя степени совершенства и благородства, должны быть такія же степени совершенства и благородства и среди всѣхъ другихъ тѣлъ природы. Нѣкоторые, напр., металлы растворяются въ ѣдкихъ жидкостяхъ, и эти же металлы по большей части легко измѣняются отъ воздуха и сырости, легко плавятся и сгораютъ, превращаясь въ ржавчину или окалину; другіе же металлы не распускаются въ этихъ ѣдкихъ жидкостяхъ, не такъ легко измѣняются и тускнѣютъ, не такъ легко плавятся и съ трудомъ ржавѣютъ въ огнѣ; очевидно, что это неблагородные и благородные, несовершенные и совершенные металлы; и подобно тому какъ изъ менѣе совершеннаго

сѣмени мало-по-малу вырастаетъ болѣе совершенное растеніе, которое въ свою очередь можно еще больше усовершенствовать путемъ культуры, такъ точно и неблагородные металлы медленно и постепенно превращаются въ болѣе совершенные, и такъ же точно этотъ медленный процессъ измѣненія можетъ быть ускоренъ искусствомъ и изобрѣтательностью человѣка.

Эти соображенія, основанныя на аналогіи, алхимики проводили еще дальше. То, что они говорили по этому поводу, можно выразить приблизительно такими словами: очевидно, что живыя существа совершеннѣе неодушевленныхъ предметовъ; поэтому, слѣдовательно, если существуютъ у живыхъ существъ превращенія менѣе совершенныхъ формъ въ болѣе совершенныя, то тѣмъ болѣе, при постоянномъ стремленіи всѣхъ безъ исключенія тѣлъ природы къ усовершенствованію, должны обнаруживаться превращенія незаконченныхъ формъ неодушевленныхъ предметовъ въ болѣе законченныя формы, каковы, напр., металлы и минералы; а такъ какъ эти металлы и менералы менѣе совершенны, чѣмъ растенія и животныя, то весьма вѣроятно, что измѣнчивость минераловъ и металловъ будетъ гораздо больше измѣнчивости живыхъ существъ растительнаго и животнаго міра. Поэтому то и нельзя провести въ минеральномъ царствѣ такихъ рѣзкихъ границъ, какія мы находили въ мірѣ животныхъ и растеній; поэтому то и можно будетъ сравнительно легко превратить неблагородный металлъ, въ родѣ свинца или мѣди, въ благородный —какъ, напримѣръ,

золото, тогда какъ является совершенно невозможнымъ превратить какой-нибудь видъ животныхъ въ другой или одинъ сортъ растеній въ другой. Хотя это неопредѣленное представленіе о единствѣ явленій природы привело къ небольшому запасу точныхъ знаній, однако же его нельзя было приложить въ полномъ объемѣ и во всѣхъ деталяхъ ко всѣмъ явленіямъ природы. Все, что могло быть сдѣлано, было исполнено: воспроизведено было громадное число неточныхъ и несовершенныхъ опытовъ, и результаты этихъ опытовъ выражены были въ неясныхъ и запутанныхъ объясненіяхъ мало опредѣленной, хотя и красивой гипотезы, которая и побуждала производить эти опыты. Итакъ, хотя эта гипотеза основывалась на единствѣ явленій природы, все же результаты опытовъ, которые были собраны для подтвержденія этой гипотезы, не могли точно установить существованія этого единства. Сходство и дѣйствительное различіе отдѣльныхъ явленій природы не могло быть открыто при обсужденіи связи между ними, разъ только эта зависимость или связь существовала только въ мысляхъ изслѣдователей. Человѣкъ, поставившій себѣ цѣлью открыть причинную связь отдѣльныхъ явленій, долженъ стараться отстранить отъ себя всѣ предварительныя и произвольныя соображенія о томъ, какова можетъ или должна быть эта связь; и только тогда, когда ему удалось прочно установить рядъ провѣренныхъ и точно обоснованныхъ фактовъ, онъ можетъ рискнуть сдѣлать опредѣленное предположеніе, касающееся причины тѣхъ

фактовъ, которые онъ собралъ, — но если только сдѣланныя имъ предположенія выражены неясно, т.-е. если они не являются вполнѣ научными гипотезами, — онъ останется простымъ собирателемъ фактовъ и никогда не сдѣлается настоящимъ изслѣдователемъ въ области науки.

Мы постараемся въ слѣдующихъ главахъ обрисовать въ общихъ чертахъ методы, которыми пользовались химики для освѣщенія извѣстнаго класса превращеній, которымъ подвергаются тѣла природы, и на ряду съ этимъ установить и иллюстрировать по возможности яркими примѣрами наиболѣе важные общіе результаты, которые были получены путемъ этихъ методовъ.

ГЛАВА II.

Характеръ химическихъ превращеній.

При болѣе внимательномъ изслѣдованіи превращеній, которымъ подвергаются тѣла природы, можно замѣтить различіе между такими явленіями, при которыхъ свойства и вмѣстѣ съ тѣмъ и составъ тѣлъ являются измѣненными, и такими, при которыхъ составъ тѣлъ не мѣняется, хотя появляются довольно рѣзкія перемѣны или появленія новыхъ свойствъ. Описаніе нѣсколькихъ простыхъ опытовъ покажетъ намъ весьма рѣзкую разницу между двумя видами превращеній.

Если въ горячее не свѣтящееся пламя Бунзеновой горѣлки *) внести кусокъ чистой и тонкой желѣзной проволоки, то желѣзо раскаляется и свѣтится. Если чрезъ нѣсколько секундъ вынуть проволоку изъ пламени, то при изслѣдованіи проволоки окажется, что она не измѣнилась и не превратилась ни во что другое, насколько можно судить на основаніи чувства зрѣнія и осязанія, т.-е., попросту говоря, на ощупь и на глазъ. Если положить въ сухую пробирку немножко деревянныхъ опилокъ и постепенно нагрѣвать ее на Бунзеновой горѣлкѣ, то опилки скоро начнутъ темнѣть, на верхнихъ холодныхъ частяхъ пробирки появится налетъ влаги, и какіе-то газы и пары начнутъ выходить изъ пробирки, распространяя довольно рѣзкій запахъ. Если продолжать нагрѣваніе нѣсколько минутъ и поднести къ отверстію пробирки зажженную спичку, то выдѣляющіеся газы и пары загораются. Чувство зрѣнія и обонянія убѣждаютъ насъ, что дерево при нагрѣваніи измѣнилось и превратилось въ тѣла, совершенно непохожія на дерево; это заключеніе подтверждается пробой при помощи горящей спички.

Если положить въ сухую пробирку нѣсколько кусочковъ сахару и нагрѣвать ихъ совершенно такъ, какъ мы нагрѣвали деревянныя опилки въ нашемъ послѣднемъ опытѣ, то сахаръ сначала расплавится,

*) Бунзенова горѣлка это обыкновенный газовый рожокъ, на которомъ надѣта болѣе широкая цилиндрическая металлическая трубка. У нижняго конца трубки продѣланы два широкихъ отверстія. Смѣсь газа съ воздухомъ зажигаютъ у верхняго конца горѣлки. Чрезъ отверстія въ металлической трубкѣ входитъ значительный объемъ воздуха, и когда газъ, выходящій изъ верхняго конца трубки, горитъ, онъ сгораетъ нацѣло; при этомъ получается пламя очень высокой температуры, но не свѣтящееся, потому что въ немъ нѣтъ частичекъ несгорѣвшаго угля.

потомъ сильно вспучится, потомъ обуглится и начнетъ выдѣлять непріятно пахучіе пары, которые воспламеняются, если нагрѣвать пробирку втеченіе нѣскольких минутъ и потомъ поднести къ ея отверстію зажженую спичку. Сахаръ, очевидно, исчезъ, разрушился, а вмѣсто него образовались другія тѣла — во всякомъ случаѣ не сахаръ.

Если всыпать въ сухую пробирку нѣсколько граммовъ нашатыря (хлористаго аммонія) и очень осторожно нагрѣвать нижній конецъ ея пламенемъ Бунзеновой горѣлки, то нашатырь будетъ постепенно исчезать въ нагрѣтой части трубки, а на верхней холодной части пробирки понемногу образуется твердый бѣлый налетъ. Насколько можно судить по внѣшнему виду, этотъ бѣлый твердый налетъ представляетъ ничто иное, какъ тотъ же самый нашатырь, который мы нагрѣвали. Если попробовать на вкусъ небольшую часть нашатыря и нашего бѣлаго налета, то окажется, что оба они одинаковы. Если разболтать понемногу каждаго вещества въ водѣ, то окажется, что оба они въ ней легко растворяются; далѣе, если прокипятить по немногу каждаго вещества съ небольшимъ количествомъ раствора ѣдкаго натра (содоваго щелока), то въ обоихъ случаяхъ будетъ ясно слышенъ запахъ амміака (нашатырнаго спирта). Чувство зрѣнія и вкуса указываетъ намъ, что нашатырь отъ нагрѣванія не превратился ни въ какое другое новое вещество, хотя онъ и превращался изъ твердаго состоянія въ паръ по нагрѣваніи, и снова въ твердое тѣло, когда мы охладили эти пары. Это

наше заключеніе подтвердилось результатами опытовъ съ водой и растворомъ ѣдкаго натра.

Какъ бы то ни было, эти довольно грубые опыты показываютъ, что желѣзо осталось желѣзомъ, когда мы вынули его изъ пламени, и что нашатырь не превратился ни въ какое другое новое вещество, когда мы его нагрѣвали до превращенія въ паръ и затѣмъ охлаждали этотъ паръ. Въ то же время желѣзо при накаливаніи, очевидно, пріобрѣло новыя свойства, которыя оно и сохраняло, пока его держали въ горячемъ пламени: при этихъ условіяхъ оно испускало свѣтъ; точно также и нашатырь отъ нагрѣванія превращается изъ твердаго тѣла въ газообразное, которое опять стало твердымъ, какъ только нагрѣваніе прекращалось. Измѣненіе свойствъ было достигнуто въ обоихъ случаяхъ, но это измѣненіе не было постояннымъ, и, какъ кажется, не сопровождалось измѣненіемъ состава тѣла, — нашатырь и желѣзо остались нашатыремъ и желѣзомъ. Съ другой стороны, чувства зрѣнія и обонянія убѣдили насъ, что подъ дѣйствіемъ тепла и дерево и сахаръ превратились въ новыя тѣла съ новыми свойствами; въ этихъ двухъ случаяхъ измѣненіе свойствъ сопровождалось несомнѣнно измѣненіемъ состава, и въ этихъ двухъ случаяхъ измѣненіе было постояннымъ, потому что тѣла, полученныя при нагрѣваніи дерева, не давали обратно дерева, а также и тѣла, образовавшіяся при нагрѣваніи сахара, не превращались опять въ сахаръ, когда сосуды, въ кото-

рыхъ велось это нагрѣваніе, были удалены отъ источника теплоты.

Мы только что сказали, что желѣзо, какъ кажется, осталось желѣзомъ, и нашатырь, повидимому, остался такимъ же безобиднымъ нашатыремъ. Но, вѣдь, „все далеко на самомъ дѣлѣ не то, чѣмъ кажется“. Чтобы рѣшить этотъ вопросъ, надо постараться привести болѣе убѣдительные доводы въ пользу того или другого рѣшенія.

Алхимики обыкновенно говорили, что во время обжиганія известняка на известь, „огненное начало“ или „огненная эссенція“ переходитъ въ известь изъ огня, и что ѣдкія свойства обоженной извести обусловливаются присутствіемъ въ ней этой „огненной эссенціи“. Въ самомъ дѣлѣ, почему бы намъ не согласиться съ тѣмъ, что тѣла, полученныя нами при нагрѣваніи сахара или дерева, образовались именно отъ присоединенія къ дереву или сахару тепловаго начала огня, которое прочно удержалось въ обуглившемся деревѣ или сахарѣ и въ парахъ и газахъ, выдѣляющихся при нагрѣваніи? Почему бы намъ не признать, что „огненное начало“ переходитъ въ желѣзо, когда мы помѣщаемъ проволоку въ горячее пламя, и удаляется изъ него, какъ только мы ее вынимаемъ.

Вѣсы заставили химиковъ оставить это алхимистическое объясненіе, и они же помогли имъ найти болѣе согласное съ фактами истолкованіе тѣхъ явленій, которыя не были извѣстны алхимикамъ. Если какое бы то ни было вещество присоединится къ

известняку во время превращенія его въ негашеную известь (при накаливаніи въ известковой печи), то известь должна вѣсить больше, чѣмъ известнякъ. Однако же, если взвѣсить негашеную известь, образовавшуюся отъ обжиганія опредѣленнаго вѣса известняка, то окажется, что вмѣсто того, чтобы вѣсить больше, полученная известь вѣситъ гораздо меньше, чѣмъ взятый для обжиганія известнякъ. Если, напримѣръ, обжечь 100 фунтовъ известняка, то мы получимъ изъ него всего 56 фунтовъ негашеной извести. Какое-то вѣсомое вещество, — а можетъ быть даже и не одно,—удалилось изъ известняка въ обжигательной печи. Значитъ, известь негашеная—это известнякъ, потерявшій одну, а быть можетъ и нѣсколько своихъ составныхъ частей. Или, быть можетъ, обжиганіе повлекло за собой потерю какого-то вещества изъ известняка, но въ то же время вызвало присоединеніе къ нему другого тѣла, и въ результатѣ этихъ двухъ явленій получилась потеря въ вѣсѣ известняка.

Результаты этихъ немногихъ наблюденій надъ превращеніями, совершающимися въ известко-обжигательной печи, представили намъ опредѣленную тему для дальнѣйшихъ изысканій и опытовъ, только потому, что мы расположили наши первые опыты такъ, чтобы можно было опредѣлить относительныя количества веществъ, измѣняющихся во время превращенія известняка въ известь. Всѣ разсужденія объ „огненномъ началѣ“ и извести мы оставимъ пока въ сторонѣ, прибережемъ ихъ до той поры, когда у

насъ будетъ прочное основаніе изъ обстоятельно установленныхъ количественныхъ фактовъ, на которыхъ и будетъ основываться наша теорія, а теперь мы должны стараться разрѣшить только вопросы, непосредственно вытекающіе изъ результатовъ перваго приложенія того простого измѣрительнаго прибора, который попалъ въ наши руки отъ фабриканта вѣсовъ. Вотъ почему мы называемъ Лавуазье, который первый ввелъ вѣсы въ качествѣ измѣрительнаго химическаго прибора, отцомъ современной химіи.

Что же теряетъ известнякъ при обжиганіи? Мы не видимъ ничего такого, что выдѣлялось бы при этомъ изъ известняка. Значитъ, приходится помочь чѣмъ-нибудь нашему зрѣнію. Мы должны попытаться произвести опытъ такимъ образомъ, чтобы можно было уловить это „что-то", взвѣсить и изслѣдовать, что именно выдѣляется изъ известняка. Кромѣ того, для полной точности опыта необходимо подобрать условія нашего изслѣдованія такимъ образомъ, что если какое-нибудь тѣло присоединяется къ известняку во время обжиганія, то, чтобы можно было обнаружить убыль этого вещества въ тѣлахъ, соприкасающихся съ известнякомъ во время обжиганія. Но для того, чтобы можно было продѣлать наши опыты такимъ именно образомъ, надо предположить, что намъ хорошо извѣстенъ не только составъ известняка, но и составъ воздуха, въ соприкосновеніи съ которымъ находится обжигаемый известнякъ, да кромѣ того и составъ кирпичей печи или вообще помѣщеній, въ которыхъ известнякъ подвергается

дѣйствію жара. Разомъ открывается цѣлый рядъ отдѣльныхъ изслѣдованій, и всѣ эти изслѣдованія должны быть основаны опять таки на цѣломъ рядѣ точныхъ количественныхъ опытовъ. Намъ придется опредѣлять, бываетъ ли составъ известняка всегда опредѣленнымъ, или же онъ иногда почему-либо оказывается инымъ; мы должны будемъ разложить известнякъ и известь на составныя части и потомъ снова составить изъ полученныхъ составныхъ частей первоначально взятыя тѣла. Конечно, мы не сможемъ продѣлать всего этого, не опредѣливъ предварительно самымъ точнымъ образомъ, что такое *соединеніе* и что—*составная часть*.

Несомнѣнно намъ придется повторять всѣ опыты и разсужденія, которыя относятся къ известняку, и съ деревомъ, и съ сахаромъ, и съ нашатыремъ (хлористымъ аммоніемъ) и съ желѣзомъ. Если желѣзо не превратилось въ какое-нибудь новое тѣло, когда мы его накаливали до свѣченія, то вѣсъ его послѣ опыта долженъ остаться такимъ же, какимъ былъ и до опыта, когда мы еще не нагрѣвали его. Для того же, чтобы мы могли положительно утверждать, что временное измѣненіе свойствъ холоднаго темнаго желѣза, превратившагося въ накаленное свѣтящееся тѣло, не сопровождалось измѣненіемъ его состава, намъ надо точно и опредѣленно знать составъ желѣза до и послѣ нагрѣванія, да кромѣ того мы еще должны опредѣлить, измѣнился или остался безъ перемѣны составъ воздуха, окружающаго наше накаленное до свѣченія желѣзо. Аналогичные же опыты

надо продѣлать и съ нашатыремъ (хлористымъ аммоніемъ); надо будетъ опредѣлить составъ этого вещества; затѣмъ придется сравнить составъ бѣлаго возгона*), который намъ кажется неизмѣненнымъ нашатыремъ, съ составомъ нашатыря, не подвергавшагося нагрѣванію. Далѣе необходимо опредѣлить потерю въ вѣсѣ, которую потерпѣлъ нашъ нашатырь, и найти вѣсъ бѣлаго возгона, такъ какъ если переходъ твердаго тѣла въ газообразное и обратно не сопровождался измѣненіемъ состава, то эти вѣса должны быть одинаковы. Точно также надо придумать особенные пріемы и продѣлать, пользуясь ими, подходящіе опыты, при помощи которыхъ мы были бы въ состояніи точно опредѣлить составъ дерева и сахара, а также и тѣхъ тѣлъ, которыя были получены нами при нагрѣваніи дерева и сахара. При всѣхъ этихъ опытахъ надо всегда принимать въ расчетъ возможность того обстоятельства, что наши вещества могутъ отдавать что-нибудь вѣсомое окружающему ихъ воздуху или тѣмъ сосудамъ, въ которыхъ производился опытъ, или же, наоборотъ, поглощать изъ этихъ тѣлъ,—изъ воздуха и сосудовъ,— какое-нибудь вѣсомое вещество.

Только тогда, когда химики и вообще естествоиспытатели признали, что количество вещества можно измѣрить по его вѣсу, они начали находить надежные источники для изслѣдованія и разъясненія превращеній, которымъ подвергаются тѣла природы. Какими

*) Возгономъ, налетомъ или *сублиматомъ* называютъ твердое тѣло, получающееся при охлажденіи паровъ, которые образовались при нагрѣваніи твердаго тѣла.

бы странными, неожиданными и глубокими ни были бы превращенія вѣсомаго вещества (матеріи), вѣсы всегда помогутъ намъ разузнать, сопрождалось ли или нѣтъ измѣненіе нашего вещества потерей или привѣсомъ, обусловленнымъ участіемъ другого какого-нибудь тѣла въ изслѣдуемомъ явленіи.

Представимъ себѣ, что у насъ есть ящикъ, наполненный множествомъ весьма разнообразныхъ предметовъ: пусть тамъ лежатъ деревянные шарики различныхъ цвѣтовъ, обрѣзки желѣза, свинца, мѣди, серебра и другихъ металловъ, кусочки сала, пакетики съ чаемъ, пряностями, сахаромъ, кофе и другими товарами этого же рода; положимъ, что одни предметы въ ящикѣ будутъ большіе, другіе же чрезвычайно маленькіе. Положимъ еще, что ящикъ этотъ устроенъ такъ, что ничего нельзя унести совсѣмъ изъ ящика, и ничего нельзя положить въ него новаго. Положимъ теперь, что у насъ есть два человѣка. Одинъ изъ нихъ вынимаетъ предметъ изъ ящика, скажемъ, пакетикъ съ чаемъ. Въ это время другой человѣкъ или просто высыпаетъ часть чаю изъ пакетика, или подсыпаетъ въ пакетикъ чего-нибудь изъ того же ящика, или дѣлаетъ и то и другое, или, наконецъ, не трогаетъ содержимаго, а только развертываетъ раскрашенную бумажку, которой сверху обернутъ пакетикъ; затѣмъ кладетъ его снова въ ящикъ. Послѣ этого первый человѣкъ долженъ опредѣлить, что именно сдѣлано съ пакетикомъ. Очевидно, что два послѣдовательныхъ взвѣшиванія могутъ помочь при разрѣшеніи этой задачи,

но ихъ однихъ будетъ недостаточно для рѣшенія ея. Въ самомъ дѣлѣ, если пакетикъ послѣ всей процедуры вѣситъ ровно столько, сколько вѣсилъ до нея, то это значитъ, что или ничего не вынимали изъ пакетика или же изъ него вынули ровно столько (по вѣсу), сколько потомъ чего-нибудь прибавили. Если пакетикъ въ концѣ опыта вѣситъ меньше, чѣмъ въ началѣ, то это значитъ, что изъ него что-нибудь вынули; но можетъ быть также, что въ него и прибавили чего-нибудь, но только вѣсъ того, что въ него прибавили, конечно, меньше того, что изъ него вынули. Полное рѣшеніе вопроса возможно только тогда, когда извѣстны свойства всѣхъ отдѣльныхъ предметовъ въ ящикѣ, и когда мы знаемъ количество каждаго въ отдѣльности; другими словами, для рѣшенія этой задачи необходимо тщательно изучить всѣ различные предметы, находящіеся въ ящикѣ, и опредѣлить ихъ количество, взвѣшивая каждое въ отдѣльности предъ началомъ и въ концѣ процесса. Если вѣсъ каждаго вещества въ ящикѣ, за исключеніемъ нашего пакетика съ чаемъ, будетъ такой же въ концѣ, какой былъ въ началѣ опыта, то, очевидно, что ничего не высыпали изъ пакетика съ чаемъ и ничего не всыпали въ него. Первый человѣкъ, который рѣшаетъ, что сталось съ пакетикомъ въ нашемъ воображаемомъ случаѣ, занимается рѣшеніемъ вопроса, похожаго на тѣ, надъ разрѣшеніемъ которыхъ трудятся всѣ химики.

„Ну, положимъ, если бы я сталъ играть въ эту глупую игру“, можетъ сказать мнѣ каждый, „я

просто бы развернулъ пакетикъ и заглянулъ бы въ него; стоило бы мнѣ немного перебрать его содержимое, и я сейчасъ бы узналъ, перемѣнилъ ли другой играющій содержимое пакетика или нѣтъ“. Но даже въ этой игрѣ, какъ бы ни было остро ваше зрѣніе, вы всегда легко пропустите нѣсколько легкихъ зернышекъ перца среди чаинокъ, и хотя бы ваше обоняніе было даже очень тонко, все таки отъ вашего носа ускользнуло бы нѣсколько маленькихъ кусочковъ корицы. А когда вы станете играть въ эту игру по настоящему—въ химическую игру,—то увидите, что пакетики, которые вы хотите перебрать, или открываются съ большимъ трудомъ, или же распадаются на куски, пока вы ихъ разглядываете; если же вамъ и удастся открыть пакетики и вынуть изъ нихъ ихъ содержимое, то окажется, что предметы, которые вы раскладываете въ кучи, разбирая ихъ по сортамъ, удивительно отличаются по своему внѣшнему виду отъ тѣхъ предметовъ, которые были смѣшаны другъ съ другомъ въ пакетикахъ.

Иллюстрація эта очень груба, однако она можетъ всетаки помочь намъ немного не только теперь, но и, быть можетъ, окажетъ намъ содѣйствіе и тогда, когда наши изслѣдованія подвинутся гораздо дальше. Ящикъ съ предметами, съ которыми приходится имѣть дѣло химику,—это наша земля. Существуютъ, конечно, кромѣ земли и другіе „ящики“, но у химиковъ пока есть одинъ единственный инструментъ, при помощи котораго они могутъ немножко приподнять крышки этихъ ящиковъ и посмотрѣть на

то, что въ нихъ лежитъ. Этотъ инструментъ—спектроскопъ—далъ возможность химику увидѣть на солнцѣ особый родъ вещества, существованіе котораго на землѣ не было извѣстно, и которое по этой причинѣ названо было *геліемъ* (отъ „геліосъ“ —солнце); впрочемъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ химики и физики, пользуясь тѣмъ же инструментомъ, изслѣдовали разные уголки и трещины на земной поверхности, и открыли, что тѣло, найденное на солнцѣ и названное геліемъ, существуетъ въ видѣ включеній въ разныхъ оригинальныхъ минералахъ, находимыхъ на земной поверхности **)

Обратимся теперь опять къ опытамъ, въ которыхъ дерево и сахаръ подъ вліяніемъ нагрѣванія превращались въ тѣла, совершенно на нихъ не похожія. Результаты этихъ опытовъ показали намъ, какъ было сказано, что составъ дерева и сахара измѣнился. Какія же новыя тѣла образовались, когда мы нагрѣвали дерево и сахаръ? И въ чемъ состоитъ разница между составомъ этихъ новыхъ тѣлъ и составомъ тѣхъ тѣлъ, изъ которыхъ эти новыя тѣла были получены?

Если сахаръ разложить на его простѣйшія составныя части, то окажется, что этими составными частями явятся три совершенно различныхъ вещества:

**) Въ 1868 году Янсенъ открылъ присутствіе гелія въ солнечной хромосферѣ. Въ 1882 году Пальміери нашелъ его въ лавахъ Везувія. Въ 1895 году Рамзай и Клеве, независимо другъ отъ друга, выдѣлили его изъ минерала клевеита и изучили его свойства.

С. К.

одно изъ нихъ—*углеродъ*, вещество хорошо извѣстное каждому подъ названіемъ сажи; второе изъ этихъ трехъ веществъ—безцвѣтный и безъ запаха газъ, которому дали названіе—*кислородъ*, и наконецъ, третье—газъ, хотя тоже безцвѣтный и безъ запаха, но рѣзко отличающійся по другимъ свойствамъ отъ кислорода; этотъ газъ назвали *водородомъ*. Изъ опредѣленнаго вѣсового количества сахара можно добыть строго опредѣленныя вѣсовыя количества этихъ трехъ видовъ матеріи. Вѣсъ углерода, кислорода и водорода, — каждаго въ отдѣльности — меньше вѣса того количества сахара, изъ котораго былъ добытъ этотъ углеродъ, водородъ или кислородъ. Сумма вѣсовъ углерода, водорода и кислорода какъ разъ равна вѣсу того количества сахара, изъ котораго они были получены. До сихъ поръ ни разу не оказалось возможнымъ получить какимъ бы то ни было способомъ изъ опредѣленнаго вѣса углерода новое вещество, которое отличалось бы по своимъ свойствамъ отъ углерода и въ то же время вѣсило бы меньше, чѣмъ взятый для превращенія углеродъ. То, что сказано объ углеродѣ, приложимо, какъ оказалось, и къ водороду и кислороду. Всѣ эти тѣла - водородъ, углеродъ и кислородъ—можно превратить въ очень большое количество новыхъ самыхъ разнообразныхъ тѣлъ, но всѣ эти превращенія всегда *) вызываются тѣмъ, что къ углероду, водороду

*) Правильнѣе было бы сказать—почти всегда, такъ какъ кислородъ, напр., можно превратить *безъ измѣненія вѣса* въ новое тѣло—пахучій *озонъ*, а сажу—въ графитъ и даже алмазъ.

С. К.

или кислороду присоединяются какія нибудь новыя тѣла. Другими словами, полученныя новыя тѣла всегда вѣсятъ больше, чѣмъ вѣсили первоначально взятые углеродъ, водородъ или кислородъ. Далѣе, когда отъ присоединенія какихъ либо веществъ къ углероду, водороду или кислороду образовались эти новыя тѣла, то изъ нихъ можно всегда получить обратно какъ разъ столько по вѣсу водорода, кислорода или углерода,—но ни въ какомъ случаѣ не больше,—сколько было употреблено для ихъ образованія.

Объ этихъ трехъ различныхъ видахъ матеріи, которыя мы назвали водородомъ, кислородомъ и углеродомъ, было сказано, что они представляютъ простѣйшія вещества, на которыя *можетъ быть* разложенъ сахаръ.

Было бы вѣрнѣе сказать, что они представляютъ простѣйшія вещества, на которыя до сихъ поръ *былъ* разложенъ сахаръ. Слово „простѣйшій“ было нами употреблено въ качествѣ очень подходящаго термина для выраженія того факта, что до сихъ поръ никто не былъ въ состояніи раздѣлить или разложить углеродъ, водородъ и кислородъ на не сходныя между собой части. Несомнѣнно, что изъ этихъ видовъ матеріи можно легко получить даже очень много веществъ, совершенно непохожихъ на углеродъ, водородъ или кислородъ, но ни одно изъ явленій, при которыхъ образуются такія тѣла, не будетъ процессомъ раздѣленія или распаденія, такъ какъ полученныя новыя тѣла всегда вѣсятъ

больше*), чѣмъ взятыя углеродъ, водородъ или кислородъ, и, слѣдовательно, эти новыя тѣла образуются всегда вслѣдствіе присоединенія другихъ видовъ матеріи къ перечисленнымъ тремъ веществамъ.

Дерево, подобно сахару, тоже состоитъ изъ углерода, водорода и кислорода, но въ опредѣленномъ вѣсовомъ количествѣ дерева содержатся совсѣмъ не тѣ вѣса этихъ трехъ видовъ матеріи, которые содержались бы въ такомъ же вѣсовомъ количествѣ сахара. Другими словами, качественный составъ дерева такой же, какъ и сахара, но количественный составъ этихъ двухъ веществъ совершенно различенъ *).

Когда нагрѣваютъ сахаръ или дерево, образуются новыя вещества. Часть углерода, заключающаяся въ сахарѣ, обнаруживаетъ свое присутствіе въ видѣ чернаго угля, остающагося въ сосудѣ, въ которомъ производилось нагрѣваніе. Выдѣляются при этомъ и газы и летучія жидкости; нѣкоторые изъ нихъ горючи, другіе пахнутъ очень сильно; эти газы и жидкости состоятъ изъ водорода, углерода и кислорода, причемъ или всѣ три вещества присутствуютъ разомъ или же только два изъ нихъ.

Опыты съ отвѣшенными количествами нашатыря (хлористаго аммонія) показали, что это твердое тѣло

---

*) Смотр. пред. выноску.

*) Составъ 100 вѣсовыхъ частей

	чистой древесины.	тростн. сахара.
Углерода	44,44	42,11
Водорода	6,18	6,43
Кислорода	49,38	51,46

можетъ быть разложено на два газа: одинъ—такъ называемый *амміакъ* (растворъ котораго въ водѣ извѣстенъ въ обыденной жизни подъ названіемъ *нашатырнаго спирта)*, а другой—*хлористый водородъ* или *хлороводородъ* (водный растворъ его обыкновенно называютъ *соляной кислотой)*. Вѣсъ амміака или вѣсъ хлороводорода, которые могутъ быть получены изъ опредѣленнаго вѣса нашатыря, въ отдѣльности взятые, всегда меньше вѣса нашатыря, изъ котораго эти газы добыты. Если же мы заставимъ амміакъ и хлористый водородъ соединиться съ образованіемъ нашатыря, то сумма вѣсовъ исчезнувшихъ газовъ будетъ въ точности равна вѣсу образовавшагося хлористаго аммонія. Однако же амміакъ и хлористый водородъ не представляютъ простѣйшихъ составныхъ частей нашатыря, такъ какъ каждый изъ этихъ газовъ можетъ быть разложенъ на два вещества, совершенно не похожія другъ на друга. Амміакъ можно разложить на двѣ части, изъ которыхъ каждая рѣзко отличается отъ другой—съ одной стороны, и отъ амміака—съ другой. Одна изъ этихъ составныхъ частей амміака—водородъ, тотъ самый газъ, который можно получить изъ сахара;—другая же—безцвѣтный, безвкусный, не имѣющій запаха, очень мало недѣятельный газъ,—такъ называемый *азотъ*. Хлороводородъ точно также можно разложить на двѣ несходныя части или на два рода матеріи: одна изъ нихъ—тотъ же водородъ, а другая—называемая *хлоромъ*—желтоватозеленый, очень сильно и непріятно пахучій, удушливый газъ.



Вѣсъ азота и вѣсъ водорода, которые можно получить изъ опредѣленнаго вѣсоваго количества амміака, въ отдѣльности меньше вѣса амміака, взятаго для полученія этихъ двухъ новыхъ газовъ. Подобнымъ же образомъ, хлороводородъ даетъ водорода и хлора въ отдѣльности меньше по вѣсу, чѣмъ вѣситъ онъ самъ. Наконецъ, сумма вѣсовъ азота и водорода, которые могутъ быть получены изъ амміака, въ точности равна вѣсу амміака, изъ котораго эти тѣла были добыты. Точно такъ же сумма вѣсовъ водорода и хлора, которые мы въ состояніи получить изъ хлороводорода, какъ разъ равна тому вѣсу газа, изъ котораго они образовались.

Но мы не знаемъ ни одного процесса, въ которомъ бы разлагались или раздѣлялись на непохожія другъ на друга части виды матеріи, названные нами азотомъ и хлоромъ. Если изъ азота или хлора и происходятъ новые виды вещества, то эти новыя вещества всегда вѣсятъ больше, чѣмъ водородъ или хлоръ, взятые для ихъ образованія. Значитъ, эти новыя вещества всегда образуются путемъ присоединенія къ азоту или хлору одного или нѣсколькихъ другихъ видовъ матеріи.

Итакъ, азотъ и водородъ являются простѣйшими составными частями амміака, а хлоръ и водородъ—простѣйшими составными частями—хлористаго водорода. Нашатырь (хлористый аммоній) можетъ быть разложенъ на амміакъ и хлороводородъ; но *настоящими простѣйшими* составными частями нашатыря будутъ водородъ, азотъ и хлоръ, потому что

амміакъ можно разложить на азотъ и водородъ, а хлористый водородъ—на хлоръ и водородъ.

Итакъ мы различаемъ два класса тѣлъ: одни изъ нихъ могутъ быть раздѣлены на несходныя между собой составныя части, другія же—этому расщепленію подвергнуты быть не могутъ. Понятно, что первыя естественно называть менѣе сложными по составу, чѣмъ послѣднія.

Желѣзо принадлежитъ къ классу тѣхъ, которыя не могли быть раздѣлены на несходныя между собой составныя части. Если желѣзо превращается въ както нибудь другое тѣло, на него непохожее, то это превращеніе состоитъ всегда исключительно въ присоединеніи къ желѣзу одного или нѣсколькихъ другихъ веществъ. Желѣзо поэтому тоже одинъ изъ простѣйшихъ видовъ вещества.

Въ слѣдующей главѣ мы разсмотримъ нѣсколько подробнѣй отдѣльные примѣры превращеній вещества, для того чтобы надлежащимъ образомъ ознакомиться съ методами, употребляющимися при изслѣдованіи тѣхъ превращеній, которыя мы соединили въ одинъ классъ подъ названіемъ *химическихъ явленій*.

ГЛАВА III.

Химическая классификація тѣлъ.

Всѣ удивительныя превращенія, которыя или сами собой совершаются съ окружающими насъ тѣлами природы или могутъ быть произведены по же-

ланію человѣка, раздѣляются на такія явленія, въ которыхъ какъ составъ, такъ и свойства тѣлъ претерпѣваютъ измѣненія, и такія, въ которыхъ составъ тѣлъ, принимающихъ участіе въ явленіи, остается неизмѣненнымъ, хотя нѣкоторыя свойства тѣлъ измѣняются. Химія занимается такого рода явленіями, которыя характеризуются перемѣной состава тѣлъ, сопровождающей перемѣну свойства ихъ; значитъ, предметомъ химіи служитъ изученіе тѣхъ превращеній, которые происходятъ одновременно и въ составѣ и въ свойствахъ опредѣленнаго рода вещества; предметомъ химіи будетъ также и выраженіе результатовъ этого изученія въ общихъ положеніяхъ, приложимыхъ ко всѣмъ частнымъ случаямъ и связывающимъ (или во всякомъ случаѣ хотя бы намекающимъ на какую либо связь) химическую сторону явленій природы съ другими сторонами этихъ явленій. Изученіе какого нибудь явленія съ химической точки зрѣнія представляется возможнымъ въ двухъ направленіяхъ: можно изучать составъ всѣхъ тѣлъ, участвующихъ въ явленіи—съ одной стороны, и свойства всѣхъ этихъ тѣлъ—съ другой. Изъ этого выходитъ, что наши изслѣдованія въ области химическихъ превращеній должны дѣйствовать по этимъ двумъ направленіямъ. Изслѣдованіе какого нибудь явленія природы съ химической стороны представляется всегда изученіемъ только части, иногда, быть можетъ, даже очень малой части цѣлаго явленія природы. Химикъ обязанъ однако же производить изслѣдованіе этой части явленія какъ можно

полнѣе. Природа не боится полнаго и всесторонняго изслѣдованія; тѣмъ не менѣе изучающій каждую часть явленій природы въ отдѣльности долженъ стараться уничтожить всѣ перегородки, онъ долженъ всегда помнить, что многое еще остается сдѣлать изслѣдователямъ въ другихъ областяхъ естествознанія, и не долженъ забывать того, что когда онъ окончитъ свои изысканія какъ изслѣдователь фактовъ, то является необходимость въ дѣятельности его, какъ ученаго мыслителя, т. е. человѣка, который видитъ связь между фактами и можетъ легко выразить то, что онъ видитъ;—такой ученый и свяжетъ во едино всѣ наблюденные отдѣльные факты подходящей и строго научной теоріей.

Всѣ тѣла природы могутъ быть отнесены къ одному изъ двухъ классовъ: одни изъ нихъ уподобляются дереву, а другіе желѣзу. Мы хотимъ выразить этимъ сравненіемъ, что одни изъ нихъ можно разложить на несходныя между собой составныя части, другія же не поддаются этому расщепленію. Но химія не занимается изслѣдованіемъ всѣхъ безъ исключенія тѣлъ природы; эта отрасль естествознанія заключаетъ въ себѣ изученіе, какъ мы только что сказали, „опредѣленныхъ видовъ вещества“. Иногда говорятъ, что химія изучаетъ явленія, происходящіе съ однородными (гомогенными) тѣлами“. Что же подразумѣвается подъ этими выраженіями: „опредѣленные виды вещества“ или „однородныя тѣла?“ Оба опредѣленія употребляются для выраженія одного и того же понятія; каково же, однако ихъ значеніе?

Положимъ, вы берете въ руки за завтракомъ чашку кофе. Прихлебывая кофе понемножку изъ чашки, вы сейчасъ же узнаете, есть ли въ ней сахаръ или нѣтъ: вашъ вкусъ сейчасъ же распознаетъ присутствіе или отсутствіе сахара. Но кофе слишкомъ крѣпокъ; вы вливаете въ него горячее молоко, чтобы вкусомъ молока нѣсколько заглушить ароматный запахъ и вкусъ кофе. Если же вы налили слишкомъ много молока, можно поправить дѣло, подливъ въ чашку побольше кофе. Всѣ составныя части напитка, который вы собираетесь пить,—настой на водѣ измолотыхъ кофейныхъ зеренъ, молоко и сахаръ—вносятъ съ собой собственныя, вполнѣ опредѣленныя свойства и сохраняютъ ихъ въ той смѣси, которую вы пьете. Вы были бы, конечно, очень удивлены, если бы отъ прибавленія кусочка сахара кофе сдѣлался бы горькимъ или отъ прилитаго молока цвѣтъ жидкости въ чашкѣ сдѣлался бы болѣе темнымъ. Нашъ кофе не опредѣленный видъ матеріи“ и не „однородное тѣло“. Онъ состоитъ по крайней мѣрѣ изъ трехъ различныхъ составныхъ частей, и каждая изъ нихъ сохраняетъ свои собственныя свойства въ продуктѣ смѣшенія этихъ частей. Нашъ кофе—смѣсь. Когда химика просятъ изслѣдовать эту смѣсь, онъ будетъ изучать составъ и свойства воды, молока, сахара и кофейныхъ зеренъ—въ отдѣльности. „Жидкость, которую вы пьете“, скажетъ онъ, „не имѣетъ сама по себѣ строго и точно опредѣленныхъ свойствъ, потому что одни пьютъ черный кофе, другіе такой, въ которомъ

больше всего молока, третьи—не могутъ пить кофе съ сахаромъ, а четвертые—наоборотъ въ эту чашку кофе кладутъ полдюжины кусковъ сахару, а между тѣмъ всѣ эти различныя смѣси носятъ одно и то же названіе—кофе". Тотъ же, кто постоянно пьетъ кофе и приготовляетъ себѣ самъ этотъ напитокъ, быть можетъ, съ самаго появленія кофе въ продажѣ выучился скоро различать всѣ составныя части этой смѣси просто по вкусу.

Положимъ, что мы имѣемъ дѣло съ знатокомъ любителемъ кофе; онъ будетъ, конечно, пить только кофе, сваренный изъ свѣжихъ, только что изжаренныхъ зеренъ, и такъ какъ процессъ жаренія долженъ быть остановленъ какъ разъ въ опредѣленное время, то онъ жаритъ самъ кофейныя зерна каждое утро передъ завтракомъ. Самый процессъ жаренія вызываетъ въ кофейныхъ зернахъ глубокія и неисчезающія измѣненія: свѣтло-зеленоватыя, почти безъ всякаго запаха, зерна превращаются въ коричневое и пахучее тѣло; изъ почти безвкуснаго вещества получается вещество очень пріятнаго вкуса. Что происходитъ въ жарящихся кофейныхъ зернахъ химическія превращенія, это опытный мастеръ можетъ прослѣдить шагъ за шагомъ по измѣненію запаха и цвѣта кофейныхъ зеренъ. Дѣйствительно, невозможно допустить, что въ нежареныхъ зернахъ кофе было скрыто вещество съ такимъ повсюду проникающимъ запахомъ и что отъ жаренія оно только вышло наружу. Наше обоняніе доказываетъ намъ, что этихъ новыхъ веществъ раньше не было въ

зернахъ и они образовались только во время жаренія.

Такимъ образомъ, привередливый любитель кофе, который собственноручно жаритъ для себя по утрамъ кофе, каждый день продѣлываетъ процессъ изъ области практической химіи и вмѣстѣ съ тѣмъ каждое утро укрѣпляетъ въ мысляхъ своей семьи представленіе о необыкновенной точности даже обычнаго школьнаго опредѣленія этой отрасли науки.

Дѣйствительно, одно обоняніе не даетъ еще возможности обыкновенному (простому) человѣку опредѣлить, состоятъ ли пахучія испаренія жарящагося кофе изъ отдѣльныхъ составныхъ частей, отличающихся другъ отъ друга различной степенью остроты, или же это пахучее вещество только одно и недѣлимо на составныя тоже пахучія части. Однако, какимъ бы то ни было способомъ, мы убѣждаемся, что превращеніе, и притомъ вполнѣ опредѣленное превращеніе, совершилось: сырой матеріалъ, то-есть свѣжія кофейныя зерна не представляли смѣси непахучихъ кофейныхъ зеренъ съ душистымъ веществомъ, и жареніе несомнѣнно вызвало образованіе такихъ новыхъ видовъ матеріи, какихъ въ сырыхъ зернахъ не было раньше.

Возьмемъ другой примѣръ. Пиво представляетъ смѣсь многихъ веществъ; главныя его составныя части составляютъ вода, растворимыя части хмѣля, плодовый сахаръ и нѣкоторыя другія вещества изъ солода, алкоголь и углекислота. Если взять бутылку пива и кипятить его до тѣхъ поръ, пока его

не выкипитъ на три четверти, то, охлаждая и собирая сгущающіеся пары, можно получить безцвѣтную жидкость, въ которой будетъ находиться весь алкоголь, заключавшійся раньше въ пивѣ. Если мы подвергнемъ эту безцвѣтную жидкость повторной перегонкѣ и подъ конецъ прокипятимъ послѣдній перегонъ съ ѣдкой (негашеной) известью и перегонимъ его еще разъ, то у насъ получится почти совершенно чистый алкоголь. Можно выдѣлить изъ этого алкоголя небольшое количество воды, которое еще осталось въ немъ, и такимъ образомъ получимъ жидкость, извѣстную подъ названіемъ „абсолютнаго алкоголя“. Такимъ образомъ, пользуясь извѣстными свойствами воды и алкоголя, можно отдѣлить алкоголь, содержащійся въ пивѣ, отъ воды и другихъ составныхъ частей пива. Алкоголь сохраняетъ свои свойства въ той смѣси алкоголя съ другими веществами, которую мы называемъ пивомъ. Пиво при перегонкѣ раздѣляется на непохожія другъ на друга части, изъ которыхъ одна и есть алкоголь; смѣсь же всѣхъ этихъ составныхъ частей обладаетъ всѣми свойствами пива. Алкоголь не можетъ быть раздѣленъ простыми пріемами на части, несходныя другъ съ другомъ; точно также нельзя и составить алкоголь простымъ смѣшеніемъ другихъ веществъ. Въ дѣйствительности, если приложить болѣе сложные пріемы, то алкоголь удастся раздѣлить на неодинаковыя составныя части: его удалось раздѣлить на углеродъ (вещество, хорошо всѣмъ извѣстное въ видѣ сажи или чистаго угля), водородъ (чрезвычайно легкій, безцвѣтный горючій

газъ) и кислородъ (тоже безцвѣтный, но не горючій газъ). Но процессъ, при помощи котораго изъ алкоголя получаются эти виды вещества, будетъ уже процессъ полнаго расщепленія; это не сортировка, въ видѣ просѣванія сквозь сито песка для отдѣленія его отъ щебня и не распутываніе въ родѣ расплетанія мотковъ перепутаннаго желтаго и синяго шелка.

Уголь нельзя выдѣлить изъ алкоголя никакимъ другимъ способомъ, кромѣ расщепленія и полнаго распаденія алкоголя на составныя части. Алкоголь ни въ какомъ случаѣ нельзя называть смѣсью углерода, водорода и кислорода. Алкоголь такой же опредѣленный и однородный видъ вещества, какъ и каждая изъ трехъ его составныхъ частей. Дѣйствительно, изъ опредѣленнаго вѣса алкоголя можно получить строго опредѣленныя вѣсовыя количества углерода, водорода и кислорода, причемъ вѣсъ каждаго изъ нихъ будетъ всегда меньше, чѣмъ вѣсъ взятаго алкоголя,*) а сумма вѣсовъ всѣхъ трехъ этихъ составныхъ частей какъ разъ равна вѣсу составленнаго изъ нихъ алкоголя, тогда какъ никому до сихъ поръ не удавалось подвергнуть углеродъ, водородъ или кислородъ процессу расщепленія или упрощенія.

Итакъ, химія занимается изученіемъ тѣхъ измѣненій состава и свойствъ, которыя наблюдаются при переходахъ одного вполнѣ опредѣленнаго вида вещества въ другой такой же опредѣленный видъ или

---

*) Изъ 100 вѣсовыхъ частей абсолютнаго спирта можно получить 52, 17 вѣс. части углерода, 13, 05 вѣс. части водорода и 34, 78 вѣс. част. водорода. С. К.

въ тѣхъ случаяхъ, когда нѣсколько однородныхъ тѣлъ дѣйствуютъ другъ на друга такъ, что получаются другія однородныя тѣла.

Въ дѣйствительности большая часть опредѣленныхъ видовъ вещества, съ которыми химику приходится имѣть дѣло, попадаютъ къ нему въ руки въ смѣси съ другими тѣлами. Чистая вода, напримѣръ, въ высшей степени опредѣленное вещество; свойства каждой отдѣльной порціи чистой воды, какъ бы мала она ни была, совершенно тожественна со свойствами другой порціи. Но чистая вода никогда не встрѣчается въ природѣ; можно даже сказать, что никто, кромѣ нѣкоторыхъ крупнѣйшихъ ученыхъ, никогда не видалъ и не имѣлъ въ рукахъ абсолютно чистой воды; это идеальное вещество, къ которому по свойствамъ приближаются довольно близко нѣкоторые образцы въ высшей степени очищенной воды. Всѣ природныя воды представляютъ очень сложныя смѣси; однако же, количество постороннихъ примѣсей, то-есть тѣхъ веществъ, которыя по составу отличаются отъ воды, въ нѣкоторыхъ образцахъ озерной воды и въ дождевой водѣ, собранной подальше отъ населенныхъ людьми мѣстностей, настолько мало, что такую воду въ обыденной рѣчи можно называть чистой.

Далѣе, вещества, которыя обыкновенно употребляются для отопленія, тоже смѣси различныхъ видовъ вещества или отдѣльныхъ однородныхъ тѣлъ. Возьмемъ для примѣра нефть. Если кипятить однородную жидкость въ колбочкѣ съ довольно длиннымъ

горломъ и отводящей холодильной трубкой, то термометръ, помѣщенный въ горло колбы будетъ показывать одну и ту же температуру, пока въ колбѣ будетъ оставаться хотя бы немного кипящей жидкости. Если же кипятить при такихъ условіяхъ нефть, то температура выдѣляющихся паровъ, которую легко отсчитать на термометрѣ, все время въ значительной мѣрѣ мѣняется.

Станемъ охлаждать пары, выходящіе изъ колбы, и будемъ собирать ихъ въ отдѣльный сосудъ, пока показаніе термометра не очень быстро мѣняется; затѣмъ перемѣнимъ пріемникъ и соберемъ въ него все то, что перегонится за то время, когда термометръ, медленно поднимаясь, будетъ показывать другую температуру. Потомъ опять перемѣнимъ пріемникъ, и такъ далѣе. Затѣмъ повторимъ ту же процедуру съ каждой порціей, собранной въ отдѣльный сосудъ. Произведя цѣлый рядъ этихъ послѣдовательныхъ (дробныхъ) перегоновъ, въ результатѣ этой утомительной операціи мы раздѣлимъ нашу нефть на множество отдѣльныхъ порцій (фракцій), причемъ каждая изъ нихъ будетъ представлять однородную жидкость съ вполнѣ опредѣленными и характерными свойствами.

Далѣе надо замѣтить, что камни, глина, песокъ и всѣ металлы, которые перечисляются подъ опредѣленными названіями въ учебникахъ минералогіи и геологіи, тоже ничто иное, какъ смѣси, и многія изъ нихъ очень сложныя смѣси. Геологъ классифицируетъ горныя породы и минералы, называя ихъ

сланцами, шиферами, полевыми шпатами, слюдами, кварцами, песчаниками, известняками и т. д., и классификація такого рода вполнѣ достаточна для его цѣлей. Всѣ породы, называемыя *сланцами*, напримѣръ, съ геологической точки зрѣнія болѣе похожи другъ на друга, чѣмъ на другія породы. Когда геологъ дѣлитъ классъ сланцевъ на подклассы, напримѣръ, *слюдяной сланецъ, роговообманковый сланецъ, хлоритовый сланецъ,* то онъ производитъ еще разъ сортировку, которая вполнѣ достаточна для его цѣлей: въ самомъ дѣлѣ, пользуясь ею, онъ можетъ съ достаточной точностью отличать одну горную породу отъ другой, такъ что исторія геологическихъ образованій и наслоеній горныхъ породъ можетъ быть изложена понятными и ясными терминами. Но если химику приходится имѣть дѣло съ такими смѣсями опредѣленныхъ веществъ, какъ, напримѣръ, различныя породы известняковъ, то его первая обязанность доискаться, пользуясь подходящими пріемами или хорошо приспособленными для этой цѣли инструментами, изъ какихъ опредѣленныхъ видовъ матеріи (вещества) состоитъ данная разновидность известняка. Когда это сдѣлано, онъ долженъ убѣдиться, насколько далеко можно повести процессъ упрощенія каждаго изъ найденныхъ имъ опредѣленныхъ видовъ вещества. Когда онъ опредѣлитъ всѣ тѣ простѣйшіе виды вещества, на которые ему удалось разложить тѣла, входящія въ составъ вполнѣ опредѣленныхъ различныхъ веществъ, полученныхъ имъ изъ различныхъ известняковъ, и когда будетъ опредѣлено

количество всѣхъ простѣйшихъ видовъ вещества, заключающихся въ опредѣленномъ вѣсѣ каждаго въ отдѣльности однороднаго вещества, на которыя онъ разложилъ известняки, то только тогда химикъ исполнитъ свою задачу, насколько она касается опредѣленія состава тѣхъ смѣсей, которыя геологъ называетъ различными известняками.

Во всякомъ случаѣ химикъ можетъ приступить къ собственно своей работѣ только тогда, когда смѣси, встрѣчающіяся въ природѣ, будутъ имъ раздѣлены на вполнѣ опредѣленныя и одинаковыя составныя части; какъ бы то ни было, если можно такъ выразиться, химія не занимается изученіемъ смѣсей, но изученіемъ исключительно такихъ опредѣленныхъ видовъ вещества, которыя являются *однородными* т. е. такими, у которыхъ самая малая часть, какую только мы можемъ получить при любомъ способѣ раздѣленія веществъ, не подвергая его однако же разложенію, является вполнѣ тожественной со всѣми остальными. Въ дѣйствительности же, однако, химику тѣмъ не менѣе такъ часто приходится до начала химическихъ изслѣдованій въ полномъ смыслѣ слова,—раздѣлять или, такъ сказать, просѣивать смѣси, что мнѣ хотѣлось бы поговорить нѣсколько подробнѣе о значеніи словъ „*смѣсь*“ и „*однородное тѣло*“ и выяснить значеніе этихъ двухъ понятій, которыя такъ часто смѣшиваютъ, на какомъ нибудь примѣрѣ, взятомъ изъ случая, хорошо всѣмъ извѣстнаго въ обыденной жизни. Я попытаюсь иллюстрировать это основное и важное положеніе крат-

кимъ описаніемъ способа приготовленія пива. Изъ ячменя дѣлаютъ солодъ, давая ему слегка прорости и потомъ останавливая проростаніе нагрѣваніемъ зеренъ въ сушильняхъ. Въ проростающемъ ячменѣ развивается опредѣленное вещество, такъ называемый *діастазъ*, а это вещество обладаетъ способностью превращать крахмалъ въ сахаръ. Солодъ размалываютъ и размѣшиваютъ съ водой въ заторныхъ чанахъ при температурѣ въ 60°—70° Цельзія. Слитая съ солода жидкость называется *пивнымъ сусломъ* или просто *сусломъ*. Сусло очень богато сахаромъ, образовавшимся изъ крахмала ячменя отъ дѣйствія діастаза. Затѣмъ сусло кипятятъ съ хмѣлемъ въ пивныхъ котлахъ, причемъ нѣкоторыя горькія вещества переходятъ изъ хмѣля въ сусло и придаютъ ему вкусъ и ароматъ. Потомъ быстро охлаждаютъ прокипяченное съ хмѣлемъ сусло, прибавляютъ къ нему немного дрожжей и держатъ его при довольно низкой температурѣ, которая, какъ дознано опытомъ, является наиболѣе благопріятной для измѣненія сахара подъ вліяніемъ дрожжей въ алкоголь и газообразную углекислоту. Выбродившую жидкость разливаютъ по боченкамъ или бутылкамъ и закрываютъ ихъ. Въ нихъ медленно продолжается начавшееся измѣненіе, называемое вторичнымъ броженіемъ, результатомъ котораго является новое небольшое количество алкоголя и немного углекислоты, которая растворяется въ жидкости и выдѣляется изъ пива, сильно его вспѣнивая, при открываніи боченковъ или бутылокъ.

Главныхъ химическихъ превращеній, которыя происходятъ во время пивоваренія, два: первое—превращеніе крахмала въ сахаръ подъ вліяніемъ діастаза, и второе—измѣненіе сахара въ алкоголь и углекислоту отъ дѣйствія дрожжей. Въ этихъ двухъ превращеніяхъ опредѣленный видъ матеріи или вещества измѣняется въ другіе, тоже опредѣленные виды вещества; кромѣ того каждое такое превращеніе одного однороднаго тѣла въ другія однородныя тѣла происходитъ при опредѣленныхъ условіяхъ. Однородные виды матеріи, принимающіе участіе въ этомъ процессѣ, главнымъ образомъ слѣдующія: сахаръ, крахмалъ, алкоголь и углекислота. Крахмалъ, сахаръ и алкоголь, каждый въ отдѣльности, были расщеплены на три несходныя между собой составныя части, а именно водородъ, кислородъ и углеродъ; углекислота (или углекислый газъ) была разложена на кислородъ и углеродъ. Но ни одно изъ этихъ трехъ однородныхъ тѣлъ, входящихъ въ составъ крахмала, сахара, алкоголя и углекислоты, не было до сихъ поръ разложено на неодинаковыя части. Значитъ, эти три опредѣленныхъ вида матеріи являются простѣйшими составными частями вышеназванныхъ четырехъ опредѣленныхъ видовъ вещества.

Опредѣленное количество каждаго изъ четырехъ перечисленныхъ тѣлъ, крахмала, сахара, алкоголя или углекислоты, всегда состоитъ изъ опредѣленныхъ и неизмѣнныхъ вѣсовыхъ количествъ всѣхъ составныхъ частей. Напримѣръ, въ 100 фунтахъ чистаго плодоваго сахара (изъ крахмала ячменя образуется

именно плодовый, а не тростниковый—свекловичный сахаръ) заключается 40 фунтовъ углерода, $53^2/_5$ фунта кислорода и $6^3/_5$ фун. водорода. 100 граммовъ чистой углекислоты всегда состоятъ изъ 27,27 грам. углерода и 72,73 граммовъ кислорода. Далѣе, если чистый плодовый сахаръ нацѣло превратить въ алкоголь и углекислоту, такъ чтобы получились исключительно только углекислота и алкоголь, то всегда 51,1 унца алкоголя и 48,9 унцовъ углекислоты будутъ являться результатомъ превращенія 100 унцовъ плодоваго сахара. Если бы весь сахаръ не превращался бы нацѣло въ алкоголь и углекислый газъ, то вѣсовыя количества этихъ трехъ веществъ сахара, алкоголя и углекислоты, принимавшихъ участіе въ превращеніи, всегда были-бы выражены отношеніемъ чиселъ 100: 51,1: 48,9 или кратными отъ этихъ чиселъ.

Такимъ образомъ эти опредѣленныя химическія превращенія, а именно измѣненіе крахмала въ сахаръ и превращеніе сахара въ алкоголь и углекислоту,—происходятъ во время процесса пивоваренія въ жидкости, представляющей смѣсь различнаго рода веществъ. Во всякомъ случаѣ эти химическія измѣненія происходятъ при опредѣленныхъ условіяхъ, изъ которыхъ главное—присутствіе діастаза въ первомъ процессѣ, присутствіе дрожжей—во второмъ, присутствіе достаточнаго количества воды и поддерживаніе температуры на извѣстной высотѣ—въ обоихъ. Количество воды, употребляемой на каждую тонну ячменя, въ различныхъ пивоварняхъ разное;

одни сорта ячменя богаче другихъ крахмаломъ; извѣстные сорта хмѣля содержатъ больше тѣхъ горькихъ и пахучихъ веществъ, отъ которыхъ зависитъ вкусъ и ароматъ пива, другіе меньше; нѣмецкіе пивовары ведутъ процессъ броженія при болѣе низкой температурѣ и гораздо медленнѣе, чѣмъ англійскіе. Такимъ образомъ выходитъ, что извѣстное разнообразіе въ количествахъ главныхъ составныхъ частей пива вполнѣ допустимо, если предположить, конечно, что оно не будетъ переходить за извѣстные предѣлы; можно также измѣнить, опять таки въ опредѣленныхъ предѣлахъ, конечно, и условія, при которыхъ совершаются химическіе процессы въ пивовареніи. Итакъ, пиво—смѣсь, но смѣсь, составленная изъ не особенно рѣзко мѣняющихся количествъ извѣстныхъ опредѣленныхъ видовъ матеріи, присутствіе которыхъ является существенно необходимымъ, и другихъ видовъ вещества, количества которыхъ мѣняются въ довольно широкихъ предѣлахъ. Нѣкоторыя изъ этихъ веществъ сами по себѣ представляютъ опредѣленныя вполнѣ вещества, которыя въ свою очередь можно разложить на новыя опредѣленныя вещества. Самый процессъ пивоваренія не сводится только къ тому, что различныя вещества, входящія въ составъ пива, смѣшиваютъ и называютъ эту смѣсь пивомъ. Сварить пиво на самомъ дѣлѣ гораздо труднѣе, чѣмъ сдѣлать это смѣшеніе. Требуется смѣшать извѣстныя вещества и подобрать такія условія, при которыхъ нѣкоторыя, но далеко не всѣ, составныя части этой смѣси подѣйствовали бы другъ на друга такимъ образомъ, чтобы получи-

лись строго опредѣленныя количества другихъ вполнѣ опредѣленныхъ веществъ. Если при этомъ перейти извѣстный предѣлъ при выборѣ условій, то тѣ новыя вещества, образованіе которыхъ въ надлежащемъ количествѣ обусловливаетъ превращеніе сусла въ пиво, не будутъ получаться, а вмѣсто нихъ образуются другія вещества, и въ конечномъ результатѣ мы приготовимъ жидкость, которая, какъ бы мы ее ни назвали, все таки ни въ какомъ случаѣ не будетъ пивомъ *).

Многіе любятъ пить пиво изъ „оловянныхъ" кружекъ. Когда они наливаютъ свое пиво въ такую „оловянную" кружку, то при этомъ жидкость, представляющая продуктъ нѣсколькихъ химическихъ превращеній, попадаетъ въ посуду, сдѣланную изъ смѣси—не изъ химическаго соединенія, а изъ смѣси—двухъ металловъ. Эту „оловянную" посуду дѣлаютъ, вливая въ формы расплавленную смѣсь приблизительно четырехъ частей слова съ одной частью свинца. При этомъ нѣтъ превращенія въ новые виды вещества. Свойства такого оловяннаго сплава въ общемъ представляютъ среднее между свойствами олова и свинца, изъ которыхъ онъ составленъ. По цвѣту сплавъ этотъ блеститъ сильнѣе свинца, но тусклѣе олова; оловянный сплавъ тверже свинца, но гораздо мягче олова. Зная свойства свинца и олова,

*) Напр., если дѣйствіе дрожжей происходитъ при болѣе высокой температурѣ, то на ряду съ превращеніемъ плод. сахара въ спиртъ происходитъ превращеніе спирта въ уксусную кислоту подъ вліяніемъ другихъ живыхъ существъ—пиво скисаетъ.

можно заранѣе предсказать, и довольно точно, свойства той смѣси этихъ двухъ металловъ, которую мы назвали „оловяннымъ" сплавомъ. Кромѣ того различные образцы оловяннаго сплава могутъ содержать неодинаковыя относительныя количества свинца и олова; въ нѣкоторыхъ образцахъ заключается больше 90 частей олова на 100 частей сплава, тогда какъ на ряду съ этимъ попадаются образцы, содержащіе менѣе 70 процентовъ олова. Такимъ образомъ нашъ оловянный сплавъ не можетъ быть причисленъ къ классу „опредѣленныхъ видовъ веществъ" или „однородныхъ тѣлъ"; употребляя пріемы, которые по существу своему являются сортировкой или отборомъ, можно получить изъ оловяннаго сплава его составные части—свинецъ и олово. Очень многія заводскія и фабричныя операціи основаны на опредѣленныхъ химическихъ превращеніяхъ; однако же употребляемые сырые матеріалы, съ которыми приходится имѣть дѣло почти во всѣхъ отрасляхъ химической промышленности, представляютъ смѣси различныхъ опредѣленныхъ видовъ вещества. По этой то причинѣ химику обыкновенно довольно легко установить такъ называемую теорію химическаго производства, но за то весьма трудно примѣнить эту теорію къ тѣмъ сложнымъ и не всегда только химическимъ условіямъ, которыя обыкновенно преобладаютъ на фабрикахъ.

Пытаясь разобраться въ химическихъ явленіяхъ и желая достигнуть общихъ положеній, которыми можно выразить все то, что происходитъ во время такихъ

превращенiй вещества, когда одновременно измѣняются составъ и свойства его, мы должны сосредоточить наше вниманiе исключительно на однородныхъ тѣлахъ, принимающихъ участiе въ изучаемыхъ нами явленiяхъ. Для большаго удобства и правильности изслѣдованiя мы должны упрощать природныя явленiя, преднамѣренно отбрасывая всѣ тѣ части ихъ, въ которыхъ не принимаютъ участiя опредѣленные виды вещества. Было уже сказано (стр. 38), что химики дѣлятъ всѣ тѣла природы на два большихъ класса: одни изъ нихъ въ извѣстныхъ отношенiяхъ похожи на дерево, другiя на желѣзо. Это значитъ, что одни тѣла, подобно желѣзу, нельзя разложить на несходныя между собой части, другiе же, подобно дереву, разлагаются на отдѣльныя части, совершенно непохожiя одна на другую. Теперь мы знаемъ, что классъ тѣлъ, подобныхъ дереву, въ свою очередь можно раздѣлить на два подкласса: 1) тѣла, составъ которыхъ измѣняется въ извѣстныхъ предѣлахъ; тѣла эти раздѣляются на несходныя другъ съ другомъ составныя части простымъ отборомъ или сортировкой, которые не влекутъ за собой полнаго разложенiя или распаденiя первоначально взятаго тѣла, т. е. при простомъ смѣшенiи отобранныхъ отдѣльно тѣлъ снова получается первоначально взятое тѣло и 2) тѣла, составъ которыхъ является безусловно одинаковымъ; эти тѣла можно раздѣлить на непохожiя одна на другую части только при полномъ распаденiи и разложенiи самыхъ тѣлъ. Дерево можетъ служить примѣромъ перваго

подкласса, а сахаръ- прекрасный примѣръ втораго. Дерево представляетъ смѣсь нѣсколькихъ однородныхъ тѣлъ, и различные образцы дерева отличаются другъ отъ друга различными относительными количествами отдѣльныхъ составныхъ частей. Сахаръ же дѣйствительно однородное тѣло, и всѣ образцы чистаго сахара совершенно тождественны по свойствамъ и по составу. Химiя занимается изученiемъ извѣстныхъ превращенiй, совершающихся съ однородными тѣлами. Одни изъ этихъ тѣлъ подобны желѣзу, въ которомъ свойства отдѣльныхъ частей всегда тождественны, какимъ бы путемъ мы ихъ не получили бы, другiе же напоминаютъ сахаръ, который можетъ быть разложенъ на болѣе простыя (менѣе сложныя) однородныя тѣла, спецефическiя свойства которыхъ существенно отличаются отъ свойствъ болѣе сложныхъ однородныхъ тѣлъ, послужившихъ матерьяломъ для ихъ полученiя.

Этимъ двумъ видамъ однородныхъ тѣлъ вполнѣ умѣстно дать подходящiя названiя. Тѣ, которыя похожи въ извѣстныхъ отношенiяхъ на желѣзо (т. е. не могутъ быть превращены въ другiя тѣла безъ увеличенiя ихъ вѣса), называются *элементами* или *простыми тѣлами;* тѣ-же, которыя напоминаютъ въ извѣстныхъ отношенiяхъ, сахаръ т. е. могутъ дать начало новымъ тѣламъ, которыя въ отдѣльности вѣсятъ меньше первоначально взятаго тѣла, получили названiе *соединенiй* или *сложныхъ тѣлъ*.

И такъ, мы пришли теперь къ слѣдующему положенiю: изъ всѣхъ тѣлъ природы одни можно разложить или

раздѣлить на несходныя между собой части, другія— нельзя. То-есть, иначе говоря, каждый видъ вещества можно отнести къ одному изъ слѣдующихъ двухъ классовъ: къ *Элементамъ* или къ *не-элементамъ*.

Но нѣкоторые виды вещества, которыя относятся къ не-элементамъ и могутъ быть раздѣлены на несходныя между собой части, представляютъ совершенно опредѣленныя однородныя тѣла, не способныя механически дѣлится на неодинаковыя составныя части. Другіе же виды вещества, относящіяся тоже къ классу не-элементовъ, являются смѣсями однородныхъ тѣлъ и поэтому могутъ быть разсортированы или раздѣлены механически на несходныя между собой составныя части. Мы можемъ теперь выразить эту схему классификаціи слѣдующимъ образомъ:

Элементы *не-элементы* { *Смѣси.* *Соединенія.*

Очевидно, что къ такому же результату мы придемъ и при слѣдующей группировкѣ всѣхъ тѣлъ природы:

Смѣси *однородныя тѣла* { *Элементы* *Соединенія.*

Химія занимается изученіемъ извѣстнаго рода превращеній, совершающихся съ элементами и соединеніями. Эти превращенія таковы, что въ нихъ происходитъ одновременное измѣненіе состава и свойствъ тѣлъ.

Вернемся на минуту къ иллюстраціи, которой мы пользовались въ послѣдней главѣ, а именно къ игрѣ съ ящикомъ, наполненнымъ самыми разнообразными предметами. Въ ящикъ мы не можемъ положить ничего и ничего изъ ящика не можемъ вынуть. Единственно, что можно дѣлать, такъ это только мѣнять содержимое отдѣльныхъ пакетиковъ. Одинъ изъ играющихъ изслѣдуетъ содержимое пакетика; другой играющій вынимаетъ что нибудь, или наоборотъ всыпаетъ въ него чего-нибудь, или дѣлаетъ и то и другое или, наконецъ, совершенно не мѣняетъ содержимаго пакетика. Первый игрокъ долженъ отгадать, какое именно изъ этихъ четырехъ возможныхъ дѣйствій совершилъ его противникъ. Всѣ тѣла въ ящикѣ у химика или элементы, или соединенія; его ящикъ—земля или, лучше сказать, доступная намъ часть земной коры, въ которой заключается весьма большое число тѣлъ, представляющихъ собой смѣси элементовъ или соединеній. Но прежде чѣмъ въ дѣйствительности начнется игра, мы должны предположить, что всѣ эти смѣси уже разсортированы или механически раздѣлены на отдѣльныя соединенія или въ нѣкоторыхъ случаяхъ на элементы, изъ которыхъ онѣ составлены.

Первая задача, которую приходится разрѣшать химику, будетъ состоять въ опредѣленіи количества каждаго отдѣльнаго элемента въ ящикѣ, а также и въ отобранныхъ пакетикахъ. Дальнѣйшая задача будетъ состоять въ расщепленіи на элементы всѣхъ соединеній какъ во всемъ ящикѣ, такъ и въ

отдѣльныхъ пакетикахъ, и въ опредѣленіи количества всѣхъ разнообразныхъ элементовъ, которые могутъ быть получены изъ опредѣленныхъ количествъ каждаго отдѣльнаго соединенія. Для разрѣшенія этой задачи придется научиться постоянно и умѣло пользоваться точными вѣсами. Достигнувъ этого, химикъ узнаетъ количество каждаго элемента, находящагося во всемъ ящикѣ и въ отдѣльныхъ пакетикахъ въ свободномъ т. е. не соединенномъ съ другими элементами состояніи. Такимъ образомъ ему станетъ извѣстно не только количество, но и составъ всѣхъ соединеній, находящихся какъ въ отдѣльныхъ пакетикахъ, такъ и во всѣхъ ящикахъ, причемъ составъ будетъ выраженъ качествомъ и количествомъ элементовъ, входящихъ въ составъ смѣсей и соединеній. Когда его противникъ сдѣлаетъ свой ходъ т. е. совершитъ одно изъ указанныхъ четырехъ дѣйствій, то химику снова придется опредѣлить количество каждаго отдѣльнаго элемента, находяшагося въ свободномъ состояніи, а также и количество каждаго соединенія въ отдѣльности—въ ящикѣ и въ пакетикахъ; онъ достигнетъ этого, дѣлая опредѣленіе количественнаго состава всѣхъ соединеній и выражая результаты по количеству элементовъ, входящихъ въ составъ этихъ соединеній. Тогда только онъ будетъ въ состояніи точно опредѣлить, что именно сдѣлалъ противникъ. Онъ можетъ сказать, напримѣръ своему партнеру: „Вотъ такой составъ заключался въ пакетикѣ до вашего хода, а вотъ этотъ—послѣ“.

Напримѣръ:

До хода:

Общій вѣсъ тѣлъ—130.405 гр.
изъ нихъ:
Элемента A—4.0 гр.
Элемента B—5.5 гр.
Соединенія X—120.34 гр.—
которое состоитъ изъ 100,21 гр. элемента C
20,13 гр. элемента D
всего 120,34

Соединенія Z—0.565, которое состоитъ изъ
0.232 гр. элемента E
0.112 гр. элемента F
0.221 гр. элемента G
всего 0 565 гр.

Послѣ хода.

Общій вѣсъ тѣлъ—150.0 гр.
изъ нихъ:
Элемента B—5.5 гр.
Элемента D—20.13 гр.
Новаго соединенія M—104.322 гр., которое состоитъ изъ
4.0 гр. элемента A
100.21 гр. элемента C
0.112 гр. элемента F
104.322 гр.

Новаго соединенія P—20.048 гр., которое состоитъ изъ
0.232 гр. элемента E
0.221 гр. элемента G
19.595 гр. нов. элем. H
20.048 гр.

Эти результаты показываютъ, что вы сдѣлали нѣсколько новыхъ комбинацій съ нѣкоторыми элементами. Вы заставили элементъ A войти въ соединеніе съ другими элементами, находившимися сначала въ соединеніяхъ, которыя вы разложили. Затѣмъ вы удалили совсѣмъ элементъ D изъ того соединенія, въ которомъ онъ первоначально заключался; далѣе вы внесли въ одно изъ новыхъ соединеній, которое вы уже составили, новый элементъ H. Очевидно, что содержимое ящика, не считая взятаго пакетика, измѣнилось именно отъ того, что изъ него вынули 19,595 граммовъ элемента H и переложили ихъ въ пакетикъ. Потомъ мнѣ извѣстно, что элементъ H въ ящикѣ находился исключительно въ видѣ соединенія съ другими элементами; значитъ, вамъ пришлось разложить какое-нибудь соединеніе, содержащее элементъ H, а быть можетъ и нѣсколько ихъ. Изслѣдуя содержимое ящика совершенно такимъ же образомъ, какъ я изслѣдовалъ содержимое пакетика, я могу очень точно опредѣлить, что именно вы сдѣлали".

Эта иллюстрація даетъ нѣкоторое представленіе о томъ, въ чемъ именно состоитъ работа химиковъ, которую они дѣлали, да и теперь дѣлаютъ для выясненія химическаго состава тѣлъ. Трудъ этотъ очень великъ и дѣлается вдобавокъ ко всѣму нѣсколько однообразнымъ отъ повторенія однихъ и тѣхъ же манипуляцій. Но во время этихъ какъ бы однообразныхъ операцій появляются на каждомъ шагу новыя затрудненія и осложненія, и вотъ тѣ усилія

и напряженія ума, которыя необходимы для преодолѣнія этихъ новыхъ трудностей, именно и придаютъ новизну и интересъ этому отдѣлу химическихъ изслѣдованій. При этомъ надо всегда помнить, что изученіе состава тѣлъ представляетъ только одну, да и то малую, часть всей науки химіи, такъ какъ ея задачу составляетъ выясненіе связи между опредѣленными измѣненіями состава тѣлъ и опредѣленными измѣненіями ихъ свойствъ, и обобщеніе результатовъ этого сопоставленія. Эти обобщенія должны быть выражены такими положеніями, которыя могли бы дать въ основныхъ чертахъ полную характеристику всѣхъ отдѣльныхъ химическихъ превращеній, т. е. другими словами такими положеніями, которыя явились бы общими законами химіи.

Въ настоящее время извѣстно семьдесятъ восемь различныхъ видовъ матеріи, которые до сихъ поръ не удалось расщепить на несходныя между собой составныя части, какимъ бы операціямъ эти тѣла не подвергались бы; это и есть тѣ элементы, изъ сочетанія которыхъ получается необозримое число соединеній, образующихся въ природѣ или искусственно получаемыхъ въ лабораторіи. Принимая во вниманіе то обстоятельство, что списокъ элементовъ теперь гораздо больше, чѣмъ былъ тридцать лѣтъ назадъ, можно быть почти увѣреннымъ въ томъ, что будутъ открыты еще новые элементы, разъ только для химическихъ изысканій будутъ употребляться болѣе тонкіе и чувствительные приборы и болѣе усовершенствованные пріемы и методы изслѣдова-

нія. Но въ настоящее время можно сказать, что всѣ соединенія, которыя мы находимъ въ горныхъ породахъ, въ почвѣ, въ водѣ, въ живыхъ существахъ, въ воздухѣ, вообще говоря, на поверхности или внутри земли, всѣ они образуются отъ соединенія двухъ или нѣсколькихъ элементовъ изъ числа этихъ семидесяти восьми. Приведя въ соприкосновеніе элементы и соединенія при такихъ условіяхъ, которыя значительно отличаются отъ преобладающихъ обыкновенно въ природѣ, химики въ своихъ лабораторіяхъ создали сотни тысячъ новыхъ соединеній и, изучая ихъ, пролили цѣлые потоки свѣта на тѣ области, изученіе которыхъ можетъ быть, пожалуй, отнесено къ химіи природы.

Мы не имѣемъ права говорить, что наши элементы абсолютно неизмѣняемы; вѣдь намъ хорошо извѣстно, что нѣкоторыя тѣла лѣтъ пятьдесятъ тому назадъ химики называли элементами по той причинѣ, что они не могли получить изъ этихъ тѣлъ ни одного вещества, непохожаго на первоначально взятое; между тѣмъ въ настоящее время эти прежніе „элементы“ причисляются къ классу соединеній, такъ какъ болѣе совершенные приборы и методы изслѣдованія дали возможность химикамъ нашего времени разложить эти вещества на такія составныя части, которыя оказались не похожими другъ на друга и на первоначально взятое вещество. Два года тому назадъ удалось даже доказать существованіе перехода одного элементарнаго тѣла—радія въ другое гелій. Такая же судьба можетъ постигнуть и

тѣ виды вещества, которыя мы теперь называемъ элементами. Но до тѣхъ поръ пока однородное тѣло не разложено на несходныя между собой составныя части, оно должно оставаться въ числѣ элементовъ. Во всякомъ случаѣ нельзя прилагать къ элементамъ выраженіе „*неизмѣняемый*“, но можно говорить о нихъ, какъ о тѣлахъ до сихъ поръ „*неизмѣненныхъ*“, такъ какъ ни одинъ изъ нихъ, на сколько являются очевидными наши опыты, не былъ ни разу расщепленъ или разложенъ. Для химика элементы являются тѣмъ же, чѣмъ для архитектора кирпичи, тѣ самые кирпичи, изъ которыхъ онъ сооружаетъ множество удивительныхъ зданій, совершенно непохожихъ на матерьялъ послужившій для ихъ сооруженія. Точно также вы не видите отдѣльныхъ кирпичей, изъ которыхъ химикъ возводитъ свои постройки по той причинѣ, что готовыя зданія совершенно непохожи на то, чего можно было бы ожидать, глядя на заготовленный строительный матерьялъ, и еще и потому, что всѣ пазы такъ тщательно задѣланы и отдѣльные кирпичи такъ плотно пригнаны другъ къ другу, что ваше зрѣніе оказывается не настолько острымъ, чтобы различать разграничительныя линіи. Но всѣ эти постройки можно разобрать, и если это будетъ сдѣлано, первоначально взятыя для кладки кирпичи, окажутся абсолютно неизмѣненными.

Въ главѣ I-й я приводилъ слова алхимика, который сказалъ: „въ природѣ существуетъ особый видъ вещества, который, будучи выдѣленъ и доведенъ

искусственно до совершенства, количественно превращаетъ въ самаго себя всѣ несовершенныя тѣла, съ которыми его приводятъ въ соприкосновеніе". Я хотѣлъ бы заключить эту главу, цитируя слова одного изъ нынѣ живущихъ великихъ химиковъ: „Занимаясь химіей, мы изслѣдуемъ, какія измѣненія могутъ произойти при сочетаніи неизмѣняемыхъ".

ГЛАВА IV

Составъ однородныхъ тѣлъ.

Химическими явленіями мы называемъ такія явленія, въ которыхъ элементы соединяются съ элементами, образуя соединенія, или же элементы вступаютъ во взаимодѣйствіе съ соединеніями, или, наконецъ, соединенія реагируютъ съ соединеніями, образуя новыя группировки элементовъ. При каждомъ такомъ превращеніи или лучше сказать во всякомъ вообще явленіи, безразлично, будетъ ли оно химическаго характера или нѣтъ,—одно только остается неизмѣненнымъ, а именно общее количество вещества, котораго коснулось это измѣненіе, остается такимъ же въ концѣ процесса, какимъ оно было до начала его. Если сжигать сѣру въ токѣ воздуха и привести полученный газообразный окиселъ сѣры въ соприкосновеніе съ достаточнымъ количествомъ другого газообразнаго окисла, такъ называемой двуокиси азота, и съ достаточнымъ количествомъ водяного пара, затѣмъ сгустить выпариваніемъ образовавшуюся при этомъ процессѣ кислую жидкость и, наконецъ, выморозить ее, то количество полученной такимъ образомъ чистой сѣрной кислоты будетъ гораздо больше количества сожженной сѣры. Однако же, это приращеніе вѣса будетъ какъ разъ равно суммѣ вѣсовъ кислорода и водорода, перешедшихъ къ сѣрѣ изъ двуокиси азота и воды, которые принимали участіе въ совершеніи полнаго превращенія. При этомъ химическомъ процессѣ кромѣ сѣрной кислоты образуются еще и другія соединенія; сумма вѣсовъ всѣхъ этихъ соединеній въ точности равна суммѣ вѣсовъ элементарныхъ тѣлъ—сѣры и кислорода, плюсъ еще вѣсъ всѣхъ разнообразныхъ сложныхъ соединеній, взаимодѣйствіе которыхъ вызвало образованіе этихъ новыхъ продуктовъ. Если нагрѣвать обыкновенную соль съ сѣрной кислотой и потомъ сильно накаливать съ известнякомъ и коксомъ ту спекшуюся массу, которая является однимъ изъ продуктовъ первой реакціи, затѣмъ полученное твердое тѣло выщелачивать водой, наконецъ выпарить воду, то въ результатѣ получатся кристаллы обыкновенной соды, которую часто употребляютъ для стирки бѣлья. Кромѣ обыкновенной соды въ этомъ рядѣ химическихъ превращеній получается еще масса разнообразныхъ соединеній; и въ этомъ случаѣ также сумма вѣсовъ всѣхъ полученныхъ соединеній въ точности равна суммѣ вѣсовъ элементовъ и соединеній, взятыхъ въ реакцію.

Законъ,*) по которому полное количество матеріи или

*) Подъ закономъ природы мы подразумѣваемъ выраженіе въ короткихъ словахъ всей совокупности извѣстныхъ намъ фактовъ или явленій опредѣленнаго порядка.

вообще говоря, вся масса веществъ, принимающихъ участіе въ какомъ нибудь превращеніи тѣлъ природы, остается въ концѣ превращенія такой же, какой она была и до него,—этотъ законъ получилъ названіе *закона сохраненія массы.* Этотъ законъ лежитъ въ основаніи всей химической науки. Признаніе этого закона превратило химію изъ интересной забавы въ точную и еще болѣе интересную науку. Этотъ законъ является выводомъ изъ безчисленныхъ наблюденій, которыя продолжались вѣками, постепенно дѣлаясь все болѣе и болѣе точными. Вѣрность закона сохраненія массы въ настоящее время кладется въ основу всѣхъ химическихъ изысканій, и это принятіе подтверждается результатомъ всѣхъ химическихъ изслѣдованій. Какія бы новыя соединенія не получались бы изъ всевозможныхъ сочетаній и перегруппировокъ элементовъ, какъ бы удивительны и неожиданны ни были свойства новыхъ этихъ тѣлъ, рѣзко отличающихся отъ соединеній или элементовъ, давшихъ послѣ взаимодѣйствія другъ съ другомъ новыя эти тѣла, все же общее количество вещества въ продуктахъ этихъ перегруппировокъ всегда оказывалось совершенно тождественнымъ съ количествомъ веществъ въ той системѣ тѣлъ, которая была въ нашемъ распоряженіи до начала перегруппировокъ.

Можно было бы указать на тотъ фактъ, что химическія превращенія почти неизмѣнно, на первый взглядъ, сопровождаются измѣненіемъ вѣса, которое какъ бы противорѣчитъ закону, по справедливости

считающемуся закономъ природы. Напримѣръ, когда ржавѣетъ желѣзо, то ржавчина вѣситъ больше, чѣмъ вѣситъ желѣзо; когда мы нагрѣваемъ сахаръ, то такой обугленный сахаръ вѣситъ меньше, чѣмъ сахаръ до нагрѣванія; изъ одной тонны желѣзняка (желѣзной руды) выплавляется гораздо меньше тонны чугуна, и такъ далѣе. Но во всѣхъ этихъ превращеніяхъ кромѣ первоначально взвѣшенныхъ нами тѣлъ принимаютъ участіе еще и другія: желѣзо ржавѣетъ, поглощая изъ окружающаго воздуха кислородъ, и ржавчина состоитъ изъ желѣза и кислорода; нѣкоторые изъ продуктовъ разложенія сахара (при нагрѣваніи) выдѣляются въ видѣ газовъ; когда желѣзнякъ возстановляютъ въ доменныхъ печахъ, то нѣкоторыя составныя части руды реагируютъ съ топливомъ, образуя газы, которые и удаляются изъ печи, а другія вступаютъ въ соединеніе съ известью и вообще съ плавнями, которые бросаютъ въ печь, и образуютъ шлаки. Если же взвѣшивать всѣ вещества, которыя принимаютъ участіе въ химическомъ превращеніи,—съ одной стороны, и всѣ продукты происшедшаго взаимодѣйствія—съ другой, то всегда окажется замѣчательно вѣрнымъ то обстоятельство, что измѣненія общаго вѣса всѣхъ тѣлъ не происходитъ.

Мы не можемъ разрушить и не можемъ создать ни малѣйшей частички вещества; мы въ состояніи только измѣнять распредѣленіе вещества въ тѣлахъ.

Какіе же виды вещества представляютъ тѣ семьдесятъ восемь элементовъ, изъ которыхъ можно

путемъ разнообразныхъ сочетаній построить все неисчислимое количество различныхъ соединеній? Всѣ металлы—кромѣ сплавовъ, такихъ наприм. какъ латунь, бронза припой, конечно, элементарныя тѣла; изъ наиболѣе извѣстныхъ назовемъ мѣдь, золото, желѣзо, свинецъ, серебро, олово, свинецъ и, наконецъ, алюминій, который теперь начинаетъ входить въ повседневное употребленіе; изъ болѣе рѣдкихъ упомянемъ мышьякъ, сурьму, висмутъ, кобальтъ, никкель и платину. Кромѣ этихъ тѣлъ есть еще около сорока, которыя тоже причисляются къ классу металловъ. Четыре очень извѣстныхъ вещества—уголь (углеродъ), іодъ, фосфоръ и сѣра—элементы; самое чистое видоизмѣненіе углерода, встрѣчающееся въ самородномъ видѣ,—алмазъ. Семь элементовъ—газы при обыкновенныхъ условіяхъ давленія и температуры. Пять изъ семи безцвѣтны и безъ запаха; одинъ ихъ нихъ водородъ—горючъ и представляетъ самый легкій видъ матеріи, какой мы только знаемъ; другой—кислородъ, въ которомъ нѣкоторые горючія тѣла горятъ очень быстро и съ ослѣпительнымъ блескомъ; третій—азотъ, газъ негорючій и не способный поддерживать горѣніе; онъ очень недѣятеленъ и соединяется съ другими элементами только при особыхъ условіяхъ. Два другихъ безцвѣтныхъ элементарныхъ газа—аргонъ и гелій были открыты совсѣмъ недавно; эти газы упорно отказываются вступать въ соединенія съ другими видами вещества. Два другихъ газообразныхъ элемента—зеленоватожелтаго цвѣта;

это—хлоръ, газъ съ удушливымъ ужаснымъ запахомъ, и фторъ, изъ всѣхъ элементовъ самый энергичный и наиболѣе легко вступающій въ соединеніе съ другими элементами. Два элемента жидкости при обыкновенной температурѣ: это ртуть (ртуть—тоже металъ) и бромъ, красная жидкость, съ запахомъ еще болѣе непріятнымъ и болѣе раздражающимъ, чѣмъ хлоръ. Три твердыхъ элемента заключаютъ списокъ извѣстныхъ простыхъ тѣлъ: боръ—элементъ, выдѣленный изъ буры; кремній—характерный элементъ для глины и большинства минераловъ, и селенъ, химически сходный съ сѣрой.—

Семь металловъ, какъ кажется, были извѣстны древнимъ, а именно мѣдь, золото, желѣзо, свинецъ, серебро, олово и цинкъ. Сѣра также была извѣстна съ древнѣйшихъ временъ. А химики ознакомились со свойствами сурьмы, мышьяка, висмута и ртути. Фосфоръ былъ открытъ приблизительно въ концѣ семнадцатаго столѣтія. Другіе элементы были открыты за послѣдніе 120 лѣтъ, и большая часть изъ нихъ въ прошломъ (XIX) столѣтіи. Особенно большую дѣятельность въ выдѣленіи новыхъ элементовъ изъ ихъ соединеній проявилъ сэръ Гэмфри Деви въ первые годы прошлаго столѣтія; отъ 1808 до 1810 года онъ вдѣлиилъ въ свободномъ состояніи полъ-дюжины новыхъ металловъ. Въ двадцатыхъ годахъ этого же столѣтія великій шведскій химикъ Берцеліусъ изолировалъ пять или шесть новыхъ элементовъ. Далѣе восемь или девять элементовъ были открыты между 1855 и 1865 годами. Около десяти

новыхъ элементовъ включено въ списокъ со времень 1855 года; Четыре изъ нихъ за послѣдніе 10 лѣтъ, два около конца 1894 года, и наконецъ еще четыре за послѣдніе 4—5 лѣтъ. Названія нѣкоторыхъ элементовъ были даны для выраженія нѣкоторыхъ характерныхъ признаковъ этихъ тѣлъ. Такъ напримѣръ,волородъ—дающій воду; кислородъ—окисляющій, дѣлающій кислымъ, бромъ—дурно пахучее вещество (греч. слово), хлоръ—зеленевато-желтое, фосфоръ—свѣтоносное вещество. Названія другихъ элементовъ произведены изъ названій тѣхъ минераловъ, изъ которыхъ эти элементы выдѣлены, или изъ названій мѣстъ, гдѣ эти минералы встрѣчаются. Такъ напр., бериллій—добытъ изъ минерала берилла (сходенъ съ изумрудомъ), иттербій выдѣленъ изъ минерала, найденнаго въ Иттербіи въ Швеціи; боръ—характеристическій элементъ буры, (по латыни borax—бораксъ). Четыре элемента, напр. названы открывшими ихъ французомъ, нѣмцемъ, русскимъ и шведскимъ учеными въ честь ихъ родныхъ странъ галіемъ, германіемъ, рутеніемъ и окандіемъ. Названія многихъ элементовъ совершенно фантастическія: напр. теллуръ и селенъ—(отъ латинскаго, соотв. греческаго, слова) означаютъ „земля" и „луна". Танталъ и ніобій отъ Тантала и Ніобеи—(мифическія существа); ванадій—отъ имени скандинавскаго божества Ванадиса; кобальтъ и никкель—отъ кобольдъ (нѣмецкій домовой) и купферникель—послѣднее названіе средневѣковые нѣмецкіе рудокопы придавали минералу, похожему очень на мѣдную руду, но изъ

котораго не удалось добыть мѣди. Нѣкоторые элементы получили названія по цвѣту, въ который они окрашиваютъ пламя горѣлки: рубидій (красный), цезій (небесно-голубой). Эти семьдесятъ восемь различныхъ видовъ однородныхъ тѣлъ, изъ которыхъ ни одно не удавалось до сихъ поръ разложить на составныя части, не сходныя между собой или не похожія на первоначально взятое тѣло, и представляютъ собой кирпичи, изъ которыхъ строится вся земля и, насколько мы можемъ сказать съ увѣренностью, другія небесныя тѣла. Химическія соединенія, также представляющія опредѣленныя вещества съ вполнѣ опредѣленными свойствами и всегда одинаковыя и неизмѣнныя по составу, образуются при тѣснѣйшемъ соединеніи двухъ или нѣсколькихъ элементовъ. А изъ смѣсей этихъ химическихъ соединеній, изрѣдка и смѣсей элементовъ, или изъ смѣси элементовъ съ соединеніями образовалась твердая земная кора, и вода, текущая по этой твердой поверхности, и газообразная оболочка, окружающая землю, и всѣ живыя существа, какія только двигаются по землѣ, летаютъ въ воздухѣ или плаваютъ въ водѣ и растутъ въ почвѣ или въ водѣ. Число химическихъ соединеній, которыя могутъ образоваться отъ сочетанія различныхъ количествъ двухъ, трехъ, четырехъ или даже большаго числа элементовъ, безпредѣльно. Вычислили, что если бы всѣ жители земного шара употребляли бы цѣликомъ дни и ночи на сдаваніе картъ въ вистъ, то они не исчерпали бы даже одной стотысячной доли всѣхъ возможныхъ сдачъ,

даже если бы они безпрерывно и цѣликомъ отдавались бы этому занятію сто милліоновъ лѣтъ. У химика въ колодѣ не пятьдесятъ двѣ, а семьдесятъ восемь картъ, сколько же сдачъ можетъ сдѣлать до исчерпанія всѣхъ возможныхъ комбинацій? Осуществить всѣ возможныя комбинаціи значило бы въ дѣйствительности „исчерпать время и овладѣть вѣчностью“.

Изученіе химіи несомнѣнно не страдаетъ недостаткомъ разнообразія.

Перегруппировки и перестановки элементовъ совершаются каждый моментъ въ нашемъ собственномъ тѣлѣ и въ одушевленныхъ и неодушевленныхъ тѣлахъ внѣшняго міра. Каждое вдыханіе воздуха, проникающаго въ наше тѣло, снабжаетъ его кислородомъ, который вступаетъ во взаимодѣйствіе съ соединеніями углерода, водорода, кислорода и азота, вызывая въ нашемъ тѣлѣ образованіе новыхъ соединеній этихъ четырехъ элементовъ; нѣкоторыя изъ этихъ новыхъ соединеній въ свою очередь реагируютъ съ другими химическими соединеніями нашего тѣла, образуя болѣе сложныя, но вполнѣ опредѣленныя сочетанія элементовъ; нѣкоторыя изъ этихъ сочетаній удаляются изъ нашего тѣла вмѣстѣ съ выдыхаемымъ воздухомъ, а также и другими путями. Буквально вѣрно, что въ милліонную долю каждой секунды милліоны милліоновъ живыхъ существъ непрерывно расщепляются на опредѣленныя сочетанія опредѣленныхъ количествъ этихъ четырехъ элементовъ: углерода, водорода, азота и кислорода, а съ другой стороны — изъ опредѣленныхъ группъ

извѣстныхъ количествъ тѣхъ же элементовъ созидаются неисчислимые ряды новыхъ живыхъ существъ. Ухо человѣка науки приспособилось къ этимъ явленіямъ и всегда прислушивается къ звукамъ, идущимъ отъ этихъ молчаливыхъ превращеній; звуки эти весьма гармоничны, и во всѣхъ превращеніяхъ слышенъ извѣстный ритмъ. Исторія этихъ превращеній охотно занимается изученіемъ тѣхъ безконечно малыхъ измѣненій, которыя, какъ можно легко прослѣдить, совершаются въ обширныхъ размѣрахъ въ земной корѣ. Главное направленіе химическихъ превращеній, совершающихся внутри земли, выражается въ томъ, что все постепенно дѣлается старѣе, образуя изъ менѣе сложныхъ соединеній все болѣе и болѣе сложныя. Этотъ процессъ, какъ кажется, на лунѣ пришелъ къ концу или почти закончился. На лунѣ химическія превращенія, повидимому, остановились или во всякомъ случаѣ сдѣлались чрезвычайно медленными; тамъ элементы, по всему вѣроятію, нацѣло превратились въ сложныя сочетанія, и остановка химическихъ превращеній, какъ кажется, сопровождается тамъ полнымъ отсутствіемъ жизни.

Какъ бы ни были разнообразны превращенія, которыя происходятъ въ соединеніяхъ элементовъ между собой и протекаютъ въ земной корѣ или въ живыхъ существахъ на поверхности земли или же совершаются подъ вліяніемъ дѣятельности человѣка въ малыхъ размѣрахъ — въ лабораторіяхъ и въ большихъ — на фабрикахъ и заводахъ, все же всѣ эти превращенія не переходятъ извѣстныхъ общихъ гра-

ницъ; результаты всѣхъ такихъ явленій могутъ быть выражены, насколько это касается состава сотенъ тысячъ изученныхъ уже химиками соединеній, въ общихъ положеніяхъ, которыя мы обыкновенно называемъ законами. Одинъ законъ мы установили только-что—это законъ сохраненія массы. Этотъ законъ, по которому общее количество вещества не претерпѣваетъ ни малѣйшаго измѣненія ни въ одномъ превращеніи тѣлъ, ни въ цѣломъ ихъ рядѣ,—оказывался всегда вѣрнымъ при всѣхъ физическихъ и химическихъ изслѣдованіяхъ и тѣмъ болѣе точнымъ, чѣмъ точнѣе и усовершенствованнѣе были употребленные методы и вѣсы. Я сравнилъ процессы, при которыхъ образуются химическія соединенія, съ постройкой домовъ, причемъ элементы являлись отдѣльными кирпичами, а полученныя изъ нихъ соединенія—готовыми зданіями. Это сравненіе можно провести и дальше. Предположимъ, что архитекторъ-химикъ намѣревается выстроить зданіе изъ извѣстныхъ элементовъ. Онъ скоро узнаетъ, что ему приходится работать съ извѣстными ограниченіями. Онъ не можетъ брать какія угодно количества выбранныхъ имъ элементовъ. Отдѣльные кирпичи каждаго сорта, изъ которыхъ строитель можетъ возводить свои постройки, всѣ совершенно одинаковаго вѣса, да кромѣ того существуетъ еще и опредѣленное и неизмѣнное отношеніе между вѣсами отдѣльныхъ кирпичей различныхъ сортовъ, которые архитекторъ назначилъ для стройки. Это значитъ, что если бы строитель нашелъ, что ему придется распиливать на

куски различныя породы камней, которые онъ намѣренъ употребить на постройку, то кирпичи каждаго сорта оказались бы совершенно одинаковыми по вѣсу, но за то вѣсили больше или меньше другихъ сортовъ кирпича. Если бы такой строитель захотѣлъ употреблять въ дѣло не цѣлые кирпичи, а ихъ части, то оказалось бы, что ни одинъ изъ нихъ нельзя разломить, изъ какого бы камня они не были бы вырѣзаны. Химикъ-архитекторъ именно и можетъ употреблять въ дѣло свои кирпичи только цѣликомъ; если ему не хватитъ одного кирпича-элемента, то онъ можетъ взять два, три или вообще какое-нибудь цѣлое число кирпичей; но раздѣлить хотя бы одинъ единственный такой кирпичъ на части или выбрать изъ извѣстнаго сорта кирпичъ-элементъ, который отличался бы по вѣсу отъ другихъ кирпичей хотя бы на малую долю грамма, — онъ рѣшительно не въ состояніи. Предположимъ, что химическія зданія выстроены изъ трехъ элементовъ: водорода, углерода и кислорода; комбинируя на разные лады эти три неизмѣняемыхъ вещества, мы можемъ получить—и въ дѣйствительности получаемъ—громадное число различныхъ химическихъ соединеній. Однако же вѣсовыя количества этихъ трехъ элементовъ, сочетавшихся въ какомъ-нибудь такомъ соединеніи, находятся всегда въ строго опредѣленномъ отношеніи другъ къ другу, а именно на одну вѣсовую часть водорода приходится всегда 12 вѣсовыхъ частей углерода и 16 вѣсовыхъ частей кислорода или же кратныя этихъ трехъ чиселъ (я привелъ

округленныя числа, чтобы избѣжать большихъ дробей; точныя же отношенія, найденныя изъ многочисленныхъ анализовъ, таковы: 1:11,97:15,88 или, что во всѣхъ смыслахъ удобнѣе принимать: 1,01:12:16.

Предположимъ теперь, что нашему архитектору-химику надоѣли эти ограниченія. Онъ собираетъ въ одно мѣсто большія произвольныя количества трехъ элементовъ, съ которыми онъ намѣренъ работать, и подвергаетъ эту смѣсь дѣйствію чрезвычайно энергичныхъ реагентовъ, такъ какъ онъ рѣшилъ исправить недостатокъ природы своимъ искусствомъ. Но искусство это тоже вѣдь проявленіе части силъ природы, и природа побѣждаетъ. Предположимъ, что онъ получитъ цѣлую дюжину соединеній этихъ трехъ элементовъ, но все таки вѣса водорода, углерода и кислорода въ этихъ соединеніяхъ относятся между собой, какъ 1:12:16 или какъ цѣлыя числа имъ кратныя. Положимъ, что въ результатѣ этихъ манипуляцій нетерпѣливаго химика получилась смѣсь нѣсколькихъ соединеній водорода, углерода и кислорода съ двумя соединеніями водорода съ кислородомъ, двумя—угля съ кислородомъ и цѣлой полудюжиной соединеній углерода съ водородомъ: въ каждомъ соединеніи этихъ трехъ элементовъ заключаются вѣсовыя количества водорода, углерода и кислорода, относящіяся между собой какъ $n:12m:16p$, гдѣ n, m и p цѣлыя числа (по большей части очень небольшія цѣлыя числа, измѣняющіяся въ предѣлахъ отъ 1 до 8). Каждое изъ двухъ соединеній водорода съ кислородомъ содержитъ эти элементы, связанные

между собой въ такомъ вѣсовомъ отношеніи, что на одну вѣсовую часть водорода приходится 16 частей по вѣсу кислорода или же на цѣлое кратное отъ единицы вѣса водорода приходится тоже цѣлое кратное отъ 16 частей кислорода по вѣсу. Отношеніе вѣсовъ углерода и кислорода въ обоихъ соединеніяхъ этихъ элементовъ выражается пропорціей 12:16 или цѣлаго кратнаго отъ 12 къ цѣлому кратному отъ 16. Наконецъ, вѣса водорода и углерода въ каждомъ изъ образовавшихся многочисленныхъ соединеній этихъ элементовъ относятся между собой какъ $n:12m$, гдѣ m и n тоже нѣкоторыя цѣлыя числа. Нѣкоторое количество элементовъ изъ числа тѣхъ, которые нашъ пылкій экспериментаторъ помѣстилъ въ сосудъ для смѣшенія, осталось несоединеннымъ съ другими элементами, другая же часть элементовъ ихъ повидимому могла выдѣлиться изъ нѣкоторыхъ соединеній и улетѣла въ пространство. Такимъ образомъ нашъ увлекающійся химикъ-архитекторъ придетъ къ убѣжденію, что онъ не въ состояніи воздвигать свои новыя постройки, руководствуясь исключительно своей фантазіей. Ему приходится работать въ извѣстныхъ предѣлахъ, которые обусловливаются самой природой матеріаловъ. Иллюстраціи, которыя мы давали въ предыдущихъ параграфахъ, заключаютъ уже въ себѣ всѣ законы соединенія химическихъ массъ; однако же эти самые законы можно выразить въ болѣе опредѣленной формѣ. Всѣ положенія, касающіяся количествъ элементовъ, вступающихъ въ химическое взаимодѣйствіе, и

при помощи которыхъ мы можемъ выразить все то, что совершается во всѣхъ химическихъ превращеніяхъ, обыкновенно раздѣляютъ на три части; первая часть называется *закономъ постоянства состава химическихъ соединеній*, вторая — *закономъ кратныхъ отношеній* и третья — *закономъ пайныхъ или атомныхъ отношеній*. Но для нашихъ цѣлей гораздо лучше соединить эти три закона въ одно положеніе и формулировать это положеніе такимъ образомъ, чтобы оно заключало въ себѣ всѣ вообще факты, касающіеся вѣсовыхъ количествъ какъ соединеній, такъ и элементовъ, вступающихъ между собой въ химическое взаимодѣйствіе.

Вѣсовое количество каждаго элемента, принимающаго участіе въ какой-либо химической реакціи, совершающейся между элементами или элементами и соединеніемъ элементовъ, можетъ быть выражено опредѣленнымъ и постояннымъ числомъ или же цѣлымъ кратнымъ отъ этого числа.

Вѣсовое количество каждаго химическаго соединенія, принимающаго участіе въ какой-нибудь химической реакціи между соединеніями или между соединеніями и элементами, можетъ быть выражено опредѣленнымъ и постояннымъ числомъ или же цѣлымъ кратнымъ отъ этого числа.

Этотъ основной законъ всѣхъ химическихъ превращеній можетъ быть выраженъ нѣсколько иначе, какъ это мы сейчасъ и сдѣлаемъ.

Съ каждымъ элементомъ неразрывно связано нѣкоторое опредѣленное и постоянное число; это постоянное число выражаетъ минимальное вѣсовое количество элемента, которое способно вступать въ химическія превращенія. Если вѣсовыя количества какихъ-нибудь элементовъ, вступающихъ между собой въ реакцію, въ отдѣльныхъ случаяхъ не могутъ быть выражены этими опредѣленными числами, то эти реагирующія количества выражаются цѣлыми кратными отъ этихъ постоянныхъ чиселъ. То что справедливо для элементовъ, является вѣрнымъ и для соединеній. Вѣсовыя количества всѣхъ соединеній, входящихъ въ химическія взаимодѣйствія, выражаются опредѣленными и постоянными числами; и здѣсь также если реагируетъ большее количество соединенія, то вѣсовое количество даннаго соединенія, вступающее въ реакцію, выражается числомъ, которое вдвое, втрое, вчетверо, вообще говоря, въ цѣлое число разъ больше опредѣленнаго и постояннаго числа, присущаго нашему соединенію.

Законъ, который мы только что изложили, носитъ обыкновенно названіе *закона атомныхъ* или *пайныхъ вѣсовъ*, пока онъ прилагается только къ элементамъ; такъ какъ обыкновенно принято говорить о тѣхъ вѣсовыхъ количествахъ элементовъ или кратныхъ отъ нихъ, въ которыхъ они вступаютъ въ химическія взаимодѣйствія, т. е. о тѣхъ минимальныхъ вѣсовыхъ количествахъ элементарныхъ тѣлъ, которыя я назвалъ опредѣленными и постоянными числами, присущими элементамъ, то и выйдетъ, что мы обыкновенно говоримъ объ этихъ вѣсовыхъ количествахъ, какъ о чемъ-то недѣлимомъ (атомъ — по

греческі—недѣлимый) или неизмѣнно входящемъ—пайномъ, и называемъ эти числа атомными или пайными. Если воспользоваться словами „атомный“ или „пайный“, для того что бы выразить въ немногихъ словахъ законъ, относящійся только къ элементамъ, то мы можемъ формулировать нашъ законъ такъ: *элементы вступаютъ въ химическія взаимодѣйствія въ отношеніяхъ этихъ атомныхъ (пайныхъ) вѣсовъ или цѣлыхъ кратныхъ отъ этихъ вѣсовъ.*

А такъ какъ вѣсовыя количества соединеній, которыя выражаются опредѣленнымъ и постояннымъ числомъ, присущимъ каждому соединенію, т. е. тѣ самыя количества, въ которыхъ (или въ кратномъ отъ нихъ отношеніи) соединенія реагируютъ съ другими соединеніями или элементами, — очень часто называются *частичными* или *молекулярными* вѣсами*) (реагирующими вѣсами), то и законъ, который выражаетъ эти отношенія носитъ названіе *закона частичныхъ вѣсовъ;* при помощи термина „молекулярный или частичный вѣсъ“ можно выразить законъ, на сколько онъ касается химическихъ соединеній, въ въ слѣдующихъ немногихъ словахъ: *соединенія вступаютъ въ химическія взаимодѣйствія въ отношеніяхъ ихъ молекулярныхъ (частичныхъ) вѣсовъ или въ цѣлыхъ кратныхъ отъ этихъ вѣсовъ.*

Пріемы, употребляемые химиками для скораго и всѣмъ понятнаго обозначенія различныхъ соединеній,

*) Переводчикъ здѣсь употребляетъ принятые во всѣхъ руководствахъ термины вмѣсто вѣсовъ „реагирующихъ“ и „соединяющихся“ тѣлъ. С. К.

основаны на приложеніи законовъ атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ. Вмѣсто того, чтобы писать всегда цѣликомъ названіе элемента, пользуются первой или первой съ другой какой-нибудь буквой названія элемента въ качествѣ его символа. C — означаетъ углеродъ, Cl — хлоръ, Cr—хромъ, Ce—церій, B—боръ, Ba—барій, Be—бериллій, Br—бромъ и т. д. Символы извѣстныхъ уже много столѣтій металловъ произведены отъ латинскихъ названій этихъ металловъ: Sb—stibium—сурьма, Cu—cuprum—мѣдь, Fe—ferrum—желѣзо, Pb—plumbum—свинецъ, Hg—hydrargyrum—ртуть, Ag—argentum—серебро, Sn—stannum—олово, Au—aurum золото. Символы K и Na обозначаютъ металлы *калій* и *натрій*. Символъ и названіе калія, какъ кажется, произошелъ отъ слова al-kali, которымъ много сотенъ лѣтъ обозначалась зола растеній, послужившая главнымъ матеріаломъ для добыванія этого элемента впослѣдствіи. Эту золу также называли и *поташъ*, откуда происходитъ старинное названіе калія—*потассій*. Символъ и названіе натрія по всему вѣроятію произвели отъ слова natron, которымъ, какъ кажется, обозначали въ средніе вѣка обыкновенную нечистую соду, откуда и произошло нынѣ не употребляющееся названіе натрія—*содій*. Въ этихъ двухъ случаяхъ старинныя названія элементовъ произвели отъ обыденнаго названія вещества, изъ котораго изолировали этотъ элементъ, и символы ихъ выражены начальными буквами этихъ старинныхъ названій. Каждый символъ имѣетъ кромѣ того и количественное значеніе;

такъ напримѣръ, С представляетъ атомный или пайный вѣсъ углерода т. е. 12 вѣсовыхъ частей углерода; Fe—означаетъ 56 вѣсовыхъ частей углерода, которыя и представляютъ атомный вѣсъ этого элемента, и такъ далѣе. Составъ химическаго соединенія, какъ качественный, такъ и количественный, выражается такимъ образомъ, что пишутъ рядомъ символы элементовъ, входящихъ въ составъ даннаго соединенія, а внизу подъ символами (очень рѣдко надъ ними) подписываютъ маленькія цифры, обозначающія, сколько атомныхъ вѣсовъ каждаго отдѣльнаго элемента соединилось въ томъ вѣсѣ соединенія, которое выражено нашей *формулой;* обыкновенно принято называть *формулой* обозначеніе соединенія, а символомъ—знакъ элемента. Напримѣръ, вода состоитъ изъ водорода и кислорода, которые всегда соединяются въ вѣсовыхъ количествахъ, относящихся какъ 1 къ 8. Но атомный вѣсъ водорода 1, а атомный вѣсъ кислорода 16 (16—это принятое въ настоящее время химиками основное число, съ которымъ сравниваютъ атомныя вѣса всѣхъ остальныхъ элементовъ). Символъ H — hydrogenium — водородъ— означаетъ одну вѣсовую часть водорода, а символъ O—oxygenium – кислородъ—означаетъ 16 вѣсовыхъ частей кислорода. Поэтому составъ воды изображается формулой H_2O. Эта формула гласитъ, что разсматриваемое соединеніе—вода—состоитъ изъ водорода и кислорода, и что въ 18 вѣсовыхъ частяхъ этого соединенія заключается 16 вѣсовыхъ частей кислорода и 2 вѣсовыхъ части водорода. Возьмемъ

еще формулу сѣрной кислоты H_2SO_4. Разсматривая таблицу атомныхъ вѣсовъ мы найдемъ, что атомный вѣсъ сѣры 32, кислорода 16, а водорода 1. Значитъ, $1\times2+32+16\times4=98$. Такимъ образомъ мы поэтому говоримъ, что 98 вѣсовыхъ частей сѣрной кислоты состоятъ изъ двухъ вѣсовыхъ частей водорода, 32 вѣсовыхъ частей сѣры и 64 вѣсовыхъ частей кислорода. Еще одинъ примѣръ. Формула, которой выражается качественный и количественный составъ свекловичнаго (тростниковаго) сахара $C_{12}H_{22}O_{11}$. Такъ какъ C=12, H=1 и O=16 (т. е. атомные вѣса углерода, водорода и кислорода соотвѣтственно равны 12, 1 и 16), то намъ легко вычислить вѣсъ тростниковаго сахара, выраженный формулой. Очевидно, этотъ вѣсъ равенъ $12\times12+22\times1+11\times16=342$. Формула $C_{12}H_{22}O_{11}$ выражаетъ и количественный и качественный составъ тростниковаго сахара по знакамъ элементовъ, которые входятъ въ его составъ, т. е. она говоритъ, что въ 342 вѣсовыхъ частяхъ тростниковаго сахара заключается 144 вѣсовыхъ части углерода, 22 вѣсовыхъ части водорода и 176 вѣсовыхъ частей кислорода. Само собой разумѣется, что можно очень легко вычислить и процентный составъ тростниковаго сахара, если понадобится установить въ процентахъ вѣсовыя количества трехъ элементовъ, образующихъ это соединеніе.

Законъ атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ представляетъ весьма важный выводъ изъ изслѣдованій состава однородныхъ тѣлъ, сдѣланныхъ независимо отъ изученія свойствъ этихъ тѣлъ. На долю Джона

Дальтона выпала великая честь быть первымъ провозвѣстникомъ этого основнаго закона химіи. Еще болѣе интересно узнать, что Дальтонъ высказалъ свой законъ (это произошло въ самыхъ первыхъ годахъ прошлаго XIX столѣтія), какъ необходимое слѣдствіе результатовъ тѣхъ изысканій, которыя онъ тогда производилъ надъ физическими свойствами газовъ. Дальтонъ выработалъ тогда теорію строенія вещества—Дальтоновскую атомистическую теорію (о которой у насъ будетъ вкратцѣ сказано въ дальнѣйшихъ (VIII) главахъ нашей книжки) для того чтобы объяснить нѣкоторыя физическія свойства газовъ; основываясь на положеніяхъ своей теоріи, онъ вывелъ тогда же законъ состава однородныхъ тѣлъ, излагая, конечно, этотъ законъ языкомъ своей теоріи; затѣмъ онъ произвелъ рядъ опытовъ и получилъ результаты вполнѣ согласные съ тѣми, какихъ требовали сдѣланныя имъ теоретическія заключенія. Когда этотъ законъ былъ обнародованъ и провѣренъ въ нѣсколькихъ случаяхъ точными опытами, то химики скоро признали, что этотъ законъ проливаетъ массу свѣта на рѣшеніе всѣхъ тѣхъ вопросовъ о составѣ тѣлъ, которыхъ онъ спеціально касается. Такимъ образомъ введены были порядокъ и смыслъ въ тѣ массы различныхъ цифръ, которыми выражались тогда анализы химическихъ соединеній и на которыхъ такъ трудно было видѣть извѣстное сходство нѣкоторыхъ соединеній. Оказалось, что этотъ законъ получилъ много чисто экспериментальныхъ подтвержденій еще до своего открытія, и что было

собрано достаточно аналитическихъ данныхъ, для того что бы сразу поставить вновь открытый законъ на очень прочную почву.

Методы количественнаго анализа пріобрѣли гораздо больше точности именно со временъ Дальтона. И результаты всѣхъ этихъ сотенъ тысячъ самымъ тщательнымъ образомъ продѣланныхъ съ тѣхъ поръ анализовъ различныхъ химическихъ соединеній доказали, *) что законъ атомныхъ и частныхъ вѣсовъ выполняется съ большой точностью, и притомъ безъ всякихъ ограниченій или измѣненій, во всѣхъ частныхъ случаяхъ измѣненія въ составѣ системы однородныхъ тѣлъ. Этотъ законъ безъ сомнѣнія—законъ природы.

Воспользовавшись тѣмъ фактомъ, что вѣсовыя количества элементовъ или соединеній, принимающихъ участіе въ какомъ-нибудь химическомъ превращеніи, всегда выражаются опредѣленнымъ и постояннымъ числомъ или цѣлымъ кратнымъ отъ этого числа, можно особенно подчеркнуть и сдѣлать болѣе опредѣленной разницу между элементами и химическими соединеніями съ одной стороны и смѣсями—съ другой.

Составъ каждаго образца какого-нибудь соединенія, выраженный въ количествахъ элементовъ, входящихъ въ составъ даннаго соединенія, остается всегда однимъ и тѣмъ же. Правда, данная пара элементовъ и можетъ соединяться между собой такимъ

*) Въ особенности важное значеніе имѣли изслѣдованія Берцеліуса въ первой четверти 19 столѣтія и Стаса во второй его половинѣ.

образомъ, что результатомъ этого соединенія явится не одно только новое тѣло; однако эти новыя тѣла все таки не только рѣзко отличаются другъ отъ друга по составу, который опять таки является въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ появленія новыхъ соединеній вполнѣ опредѣленнымъ и совершенно неизмѣняемымъ, но еще для нихъ вѣрно то правило, что вѣсовыя количества этихъ двухъ элементовъ въ разнообразныхъ новыхъ соединеніяхъ, образовавшихся въ результатѣ ихъ взаимодѣйствія, находятся между собой въ очень простомъ отношеніи; простота отношенія сводится къ тому, что является возможность выразить всѣ эти количества простыми кратными отъ однихъ и тѣхъ же чиселъ. Во всемъ этомъ нѣтъ ничего такого, что сближало, хотя бы самымъ отдаленнымъ образомъ, эти факты съ результатами, найденными при изученіи состава смѣсей. Какъ бы мы опредѣлили, сколько песку, извести и воды требуется для приготовленія смѣси, употребляемой въ качествѣ цемента? Уже самое поверхностное наблюденіе надъ дѣйствіями различныхъ рабочихъ—каменьщиковъ, которымъ приходится приготовлять цементъ, убѣдитъ каждаго, что каменьщики, готовя цементъ, ни сколько не смущаясь, пренебрегаютъ закономъ атомныхъ и частичныхъ вѣсовъ. Впрочемъ, не знать закона или не обращать на него вниманія можно сколько угодно, однако же законъ остается въ силѣ.

Было бы лучше для архитектора и еще лучше для арендатора дома, если бы этотъ законъ, да

и другіе законы химіи, добросовѣстно признавались и разумно соблюдались, такъ какъ приготовленіе цемента, подобно девяти десятымъ всѣхъ нашихъ производствъ, состоитъ въ томъ, что въ средѣ, которая сама по себѣ представляетъ смѣсь, вызываютъ нѣсколько химическихъ превращеній. Вполнѣ опредѣленныя количества извести и воды соединяются другъ съ другомъ, образуя гашеную известь, которая сама тоже представляетъ опредѣленное химическое соединеніе; затѣмъ, когда цементомъ скрѣплены кирпичи въ стѣнахъ, гашеная известь мало по малу поглощаетъ углекислоту изъ воздуха, которая соединяясь съ ней, медленно образуетъ мѣлъ (углекислую известь); кромѣ этого въ цементѣ идутъ очень медленно втеченіе многихъ лѣтъ и другіе процессы химическихъ превращеній, а именно, кремнеземъ, представляющій опредѣленное соединеніе, заключающееся въ пескѣ, реагируетъ съ гашеной известью, и въ результатѣ этого взаимодѣйствія получается силикатъ кальція, который и помогаетъ цементу сливаться въ одну неразрывную компактную массу. Изученіе этихъ процессовъ привело насъ къ приготовленію различныхъ спеціальныхъ цементовъ— портландскаго, гидравлическаго и т. д., которые вырабатываются на заводахъ подъ руководствомъ очень опытныхъ химиковъ.

Итакъ между элементами и химическими соединеніями съ одной стороны, и смѣсями съ другой существуетъ рѣзко выраженная разница; тѣмъ не менѣе, однако, намъ приходится имѣть дѣло съ тѣмъ

фактомъ, что большая часть химическихъ превращеній, происходящихъ въ нашей повседневной жизни,— а ни одна наука, „не касается такъ близко сердца и рукъ человѣческихъ“, какъ химія,—происходятъ ли они между соединеніями или же между элементами и соединеніями, всегда очень запутаны и скрыты въ облекающихъ ихъ смѣсяхъ; поэтому требуется очень подробное знаніе химическихъ явленій и значительная доля воображенія для того, чтобы уничтожить этотъ покровъ и увидѣть тѣ дѣйствительныя превращенія, которыя совершаются внутри этихъ оболочекъ. Теперь когда мы составили себѣ довольно опредѣленное представленіе о нѣкоторыхъ признакахъ химическихъ превращеній, сдѣлаемъ нѣсколько сопоставленій теперешнихъ нашихъ представленій съ понятіями алхимиковъ о превращаемости вещества. Понятіе о различныхъ и въ то же время вполнѣ опредѣленныхъ видахъ матеріи, изъ которыхъ каждый обладаетъ собственными характерными свойствами, было невозможно во времена алхиміи, такъ какъ у алхимиковъ не было достаточно точныхъ инструментовъ для обнаруженія очень малыхъ измѣненій количества матеріи, которыя вызывали часто рѣзкія измѣненія свойствъ. И до тѣхъ поръ пока не только нельзя было измѣрить, но даже и открыть тѣхъ измѣненій въ вѣсѣ какого-нибудь вида вещества, претерпѣвшаго измѣненія свойствъ, невозможно было рѣшить, остался или нѣтъ неизмѣненнымъ составъ тѣхъ порцій вещества, которыя обнаружили различныя свойства.

Можно было бы съ большей долей вѣроятія сказать, что алхимики не могли бы обнаружить рѣзкаго различія въ составѣ разныхъ частей взятаго тѣла, хотя свойства этихъ частей были бы различны, именно потому, что у нихъ не было приборовъ для точнаго опредѣленія разницы въ вѣсѣ двухъ или болѣе частей взятаго тѣла *). Точно также можно было бы съ увѣренностью сказать, что алхимики не могли бы придумать прибора для распознаванія и измѣренія различій въ количествѣ вещества въ различныхъ частяхъ взятыхъ тѣлъ, такъ какъ у нихъ не было ясно выраженныхъ представленій о составѣ тѣлъ природы. Устройство точныхъ вѣсовъ повело за собой большой прогрессъ въ области химической науки; съ другой стороны прогрессъ химическихъ теорій потребовалъ и вызвалъ къ жизни громадныя усовершенствованія въ конструкціи вѣсовъ. Алхимистическія понятія о превращеніи матеріи, высказываемыя въ то время **) были кореннымъ образомъ не вѣрны, потому что алхимики не достигли, и даже почти съ увѣренностью можно сказать, не могли достичь при своей узости взглядовъ, сколько нибудь ясныхъ представленій, касающихся состава различныхъ частей матеріи. Отдѣленное отъ изученія состава тѣлъ изученіе свойствъ вынуждено было основываться на какихъ-нибудь шаткихъ аналогіяхъ.

---

*) См. выноску на стр. 45.

**) Превращеніе радія въ гелій было замѣчено и изучено именно благодаря чрезвычайно точнымъ *количественнымъ* измѣреніямъ.

С. К.

Основанныя на такихъ положеніяхъ опредѣленія и раздѣленіе свойствъ, казалось, быстро подвигались впередъ; но въ дѣйствительности здѣсь не было никакого прогресса; прочныя и солидныя сооруженія, которыя видѣли глаза алхимиковъ, оказались только призракомъ, лежащимъ гдѣ-то далеко въ сторонѣ, и пришлось пройти много миль по мрачной и страшной пустынѣ, для того чтобы достичь воротъ настоящаго города. Но всякій призракъ или миражъ можетъ явиться нашимъ глазамъ только при существованіи дѣйствительнаго предмета, и если бы алхимики не видали бы такого призрака и не шли бы вслѣдъ за нимъ, то мы, быть можетъ, и до нынѣ блуждали бы въ пустынѣ.

Соглашаясь съ тѣмъ, что во времена алхимиковъ нельзя было достигнуть правильнаго представленія объ опредѣленномъ составѣ тѣлъ, мы въ то-же время буквально должны изумляться ихъ изобрѣтательности и оцѣнить по достоинству ту ловкость сочетанія доказательствъ, которыми доказывалась по мнѣнію алхимиковъ возможность превращенія любого предмета въ какое угодно матерьяльное тѣло, въ то время какъ они сами оставались чуть-ли не единственными неизмѣняемыми существами среди этой фантасмагоріи призраковъ. На матерію или вещество алхимики смотрѣли исключительно какъ на носителя различныхъ свойствъ, проявляющихся въ различныхъ тѣлахъ. Они изслѣдовали и записывали по большей части необыкновенныя измѣненія свойствъ; затѣмъ они вывели заключеніе, что свойства мож-

но вносить или, наоборотъ, удалять изъ какого бы то ни было рода матеріи, на подобіе того, какъ мы снимаемъ или надѣваемъ платье. „Царь въ рубищѣ не можетъ расчитывать на почести отъ своихъ подданныхъ, но стоитъ одѣть его въ пурпуровое роскошное одѣяніе, и въ немъ всѣ снова признаютъ своего властелина“.

Свинцъ, мѣдь, желѣзо и олово все это ничто иное какъ различнаго вида лохмотья, которыми прикрывается царственное золото; однако-же эти лохмотья могутъ быть сняты въ горнѣ или перегонномъ кубѣ, и бѣдный нагой царь металловъ можетъ омыться въ „райской водѣ“ и облачиться въ царскія одѣянія, принесенныя ему на крыльяхъ феникса, птицы самаго яркаго цвѣта съ сіяющимъ огненнымъ блескомъ,—и тогда царь металовъ появится въ своемъ собственномъ видѣ, и всѣ преклонятъ колѣна предъ царемъ.—Вмѣстѣ съ тѣмъ алхимики чувствовали, что подъ этими вѣчно перемѣняющимися явленіями по всему вѣроятію скрывается нѣчто неизмѣнное. Отчего же въ самомъ дѣлѣ можетъ произойти, что тѣло называемое нами золотомъ, по временамъ пріобрѣтаетъ столько постороннихъ ложныхъ свойствъ, что всѣ люди обыкновенно называютъ его желѣзомъ, свинцомъ, ртутью или цинкомъ? Алхимики отвѣчали на этотъ вопросъ такъ: потому-что такое золото уже осквернено и сдѣлалось слабымъ и дряблымъ.

Однако—(мы продолжаемъ ихъ разсужденія), такъ какъ нечистое вещество исчезаетъ отъ прикосновенія чистаго, и несовершенныя тѣла уничтожаются

тѣми, которыя являются болѣе совершенными, то стоитъ только къ несовершенному золоту, которое въ этомъ неблагородномъ состояніи называется совсѣмъ другимъ именемъ прикоснуться *единой всесовершенной матеріей*, и всѣ нечистыя свойства исчезнутъ, и золото появится въ своемъ настоящемъ видѣ.

По словамъ алхимиковъ это *„единое всесовершенное вещество“* неизмѣняемо; оно представляетъ ту эссенцію, которая скрыта подъ толстой корой въ несовершенныхъ тѣлахъ. Нѣкоторыя формы матеріи, несомнѣнно заключаютъ въ себѣ гораздо больше этой эссенціи, чѣмъ другія, но такъ какъ намъ неизвѣстно, гдѣ по преимуществу она скрывается, то и приходится искать ее повсюду. Эти поиски въ случаѣ удачи окупятъ безконечный трудъ: а именно, стоитъ только отыскать эту единую всесовершенную матерію, то одного самаго крохотнаго кусочка ея будетъ достаточно не только для того, чтобы снять съ царственнаго золота всѣ покрывающіе его не имѣющіе никакой цѣны покровы, но для того чтобы удалить изъ міра все мрачное и горестное и превратить такимъ образомъ нашу землю въ настоящій рай. Поэтому то изслѣдованія алхимиковъ не являлись простой погоней за золотомъ. Они были гораздо лучше, выше и благороднѣе этой корыстной погони. Это была, какъ оказалось, неудачная и безнадежная, но не недостойная попытка, перейти однимъ шагомъ или прыжкомъ отъ смятенія и безпорядка къ миру, отъ безпокойства къ покою. Во

время этихъ изслѣдованій алхимія пала; новая же химія не пыталась продолжать преслѣдованіе этихъ цѣлей.

ГЛАВА V.

Изученіе свойствъ.

Въ химіи мы имѣемъ дѣло съ тѣми превращеніями, которыя происходятъ, когда элементы или ихъ соединенія, вступая во взаимодѣйствіе другъ съ другомъ, даютъ другіе элементы или соединенія. Составъ элементарнаго тѣла выражается названіемъ этого элемента, такъ какъ, насколько можно судить по результатамъ нашихъ экспериментальныхъ изслѣдованій, всѣ части элементарнаго тѣла совершенно тождествены въ своихъ характеристическихъ свойствахъ, какую бы часть мы ни взяли бы. Составъ соединенія выражается названіями элементовъ, которые, соединяясь, дали это соединеніе, и которые могутъ быть получены при разложеніи его. Законъ атомныхъ (пайныхъ) и молекулярныхъ (частичныхъ) вѣсовъ обобщаетъ результаты изученія состава тѣла и выражаетъ ихъ въ удивительно точной и совершенной формѣ, которая приложима въ каждомъ частномъ случаѣ, безъ какихъ бы то ни было измѣненій или ограниченій.

Теперь обратимся ко второму главному отдѣлу химическихъ изслѣдованій и попытаемся узнать кое-что о свойствахъ элементовъ и ихъ соединеній. Мы

признали, что химія исключаетъ изъ области собственно своихъ изслѣдованій тѣ виды матеріи, которые не представляются ни элементами, ни ихъ соединеніями; далѣе мы должны будемъ признать, что химическое (въ строгомъ смыслѣ слова) изслѣдованіе свойствъ элементовъ и соединеній должно ограничиваться тѣми свойствами, которыя проявляются, когда происходитъ измѣненіе состава. Строго говоря, желѣзо или олово или вода или соль, если ихъ разсматривать независимо отъ другихъ тѣлъ или независимо отъ дѣйствія различныхъ внѣшнихъ агентовъ (силъ), сами по себѣ не представляютъ еще свойствъ, подлежащихъ изученію съ химической точки зрѣнія. Это значитъ, что когда желѣзо или олово или вода или соль или сами такимъ образомъ дѣйствуютъ на другіе виды матеріи или подвергаются ихъ дѣйствію или подвергаются дѣйствію различныхъ внѣшнихъ агентовъ такъ, что при этомъ обнаруживается измѣненіе состава, только тогда свойства желѣза, олова, виды или соли получаютъ интересъ для химика. Химія изучаетъ элементы и соединенія въ моментъ ихъ измѣненія. Изслѣдуя свойства какого-нибудь элемента или соединенія, химикъ задаетъ себѣ вопросъ: „что получится, когда это тѣло подѣйствуетъ (прореагируетъ) на другое тѣло? Химикъ всегда долженъ спрашивать не только: „какое это вещество?“, но и „чѣмъ это было и чѣмъ оно станетъ?“ Химія интересуется тѣмъ или другимъ опредѣленнымъ видомъ вещества не столько потому, что оно представляетъ опредѣленныя свойства въ настоящее время, сколько потому, что его свойства представляютъ извѣстный результатъ измѣненій въ прошломъ и позволяютъ надѣяться на измѣненія въ будущемъ. Поэтому гораздо правильнѣе говорить о химическихъ *реакціяхъ* (или взаимодѣйствіяхъ) элементовъ и соединеній, чѣмъ объ ихъ химическихъ свойствахъ, такъ какъ слово „реакціи“—особенно ярко выражаетъ характеристику именно тѣхъ свойствъ тѣлъ, которыя по существу и являются собственно химическими. Какъ примѣръ такого рода изслѣдованій, которыя производятся надъ химическими реакціями соединенія, разсмотримъ въ короткихъ словахъ нѣкоторыя реакціи воды. Когда водородъ горитъ въ воздухѣ или кислородѣ, образуется вода; когда электрическій токъ проходитъ чрезъ смѣсь воды и небольшого количества сѣрной кислоты, получаются водородъ и кислородъ, причемъ въ концѣ концовъ количество сѣрной кислоты въ водѣ не измѣняется. Если пропустить водородъ чрезъ накаленный сурикъ или накаленную мѣдную окалину или раскаленную желѣзную ржавчину, то при этомъ образуется вода на ряду съ металлическимъ свинцомъ, мѣдью или желѣзомъ. Эти качественные факты даютъ основаніе методу опредѣленія количественнаго состава воды; результаты такихъ опредѣленій выражаются слѣдующими словами: важнѣйшія реакціи воды заключаются въ томъ, что когда водородъ горитъ въ кислородѣ или когда мы заставляемъ водородъ отнимать кислородъ отъ металлическихъ окисловъ, то одна вѣсовая часть водорода соединяется съ восемью вѣсовыми частями кислорода,

причемъ образуется девять вѣсовыхъ частей воды, и если вода подвергается дѣйствію такого внѣшняго агента, который въ состояніи разложить ее, то девять вѣсовыхъ частей воды всегда даютъ одну вѣсовую часть водорода и восемь вѣсовыхъ частей кислорода. Если пропускать водяной паръ надъ до красна накаленными желѣзными опилками, то въ результатѣ взаимодѣйствія водянаго пара и желѣза получается водородъ (причемъ для образованія одной вѣсовой части водорода требуется всегда девять вѣсовыхъ частей воды) и окись желѣза. Кромѣ того водяной паръ реагируетъ со многими другими металлами совершенно такимъ же образомъ, какъ и съ желѣзомъ, такъ что въ результатѣ получается окись металла и водородъ. При обыкновенной температурѣ вода реагируетъ съ натріемъ и каліемъ—съ металлами, добываемыми изъ соды и изъ поташа,—при этомъ выдѣляется водородъ и образуется соединеніе кислорода съ натріемъ и водородомъ или съ каліемъ и водородомъ, смотря по тому, какой брали металлъ, которое растворяется въ водѣ, оставшейся неизмѣненной послѣ реакціи со взятымъ количествомъ натрія или калія. Если пропускать чрезъ накаленную до ярко краснаго каленія фарфоровую трубку смѣсь водяного пара съ хлоромъ (хлоръ—желтовато-зеленый тяжелый газъ съ непріятнымъ и удушливымъ запахомъ; его можно добыть изъ обыкновенной поваренной соли), то хлоръ и водяной паръ медленно дѣйствуютъ другъ на друга, образуя кислородъ (а именно восемь вѣсовыхъ частей кислорода на каждыя девять

вѣсовыхъ частей воды, вошедшихъ въ реакцію) и хлористый водородъ, который растворяется въ избыткѣ воды, образовавшейся отъ сгущенія пара. Если нагрѣемъ кристаллы соды, изъ нихъ выдѣлится вода въ видѣ пара; если же мы затѣмъ растворимъ въ водѣ полученную кальцинированную (прокаленную, безводную) соду и сгустимъ растворъ, выпаривая его, то, когда растворъ остынетъ, у насъ получится опять кристаллическая сода.

Значитъ, къ числу реакцій воды надо отнести ея способность соединяться съ прокаленной содой, когда образуется кристаллическая сода, а также и выдѣленіе ея изъ полученнаго соединенія при нагрѣваніи. Если нагрѣвать довольно сильно обыкновенный сахаръ, то въ числѣ тѣлъ, получающихся при этомъ нагрѣваніи изъ сахара, мы найдемъ и воду; но это образованіе воды изъ сахара сопровождается полнымъ превращеніемъ самого сахара въ цѣлый рядъ различныхъ другихъ соединеній. Вода входитъ въ составъ купороснаго масла (сѣрной кислоты), но свойства воды совершенно незамѣтны въ свойствахъ кислоты, да и получить воду можно изъ сѣрной кислоты только при такихъ процессахъ, когда кислота нацѣло распадается на другія тѣла.

Если мы станемъ продолжать изученіе свойствъ воды, то найдемъ, что, очень многія изъ ея реакцій сходны съ отдѣльными только что кратко описанными превращеніями. Такъ напримѣръ: 1) Существуютъ реакціи, при которыхъ вода образуется отъ соединенія водорода съ кислородомъ, причемъ оба

эти элемента или одинъ изъ нихъ сначала отщепляется отъ соединенія съ другими элементами. 2) Существуютъ реакціи, при которыхъ вода разлагается на свои составныя части, причемъ водородъ выдѣляется въ свободномъ видѣ, а оставшійся кислородъ вступаетъ въ соединеніе съ веществомъ, дѣйствовавшимъ на воду. 3) Есть реакціи, при которыхъ вода разлагается на составныя части съ выдѣленіемъ кислорода, а водородъ воды вступаетъ въ соединеніе съ тѣмъ веществомъ, которое вызвало эту реакцію. 4. Есть еще и такія реакціи, когда вода или соединяется съ другими тѣлами или же образуется изъ комбинацій ея съ другими соединеніями причемъ сама вода не подвергается разложенію, а также и не вызываетъ какихъ бы то ни было глубокихъ измѣненій ни въ тѣхъ тѣлахъ, съ которыми она соединялась, ни въ тѣхъ тѣлахъ, изъ которыхъ она выдѣлилась. 5) Наконецъ, есть и такія реакціи, когда вода входитъ въ такое тѣсное химическое соединеніе съ другими тѣлами, что уже невозможно получить ее обратно изъ продуктовъ этой реакціи, если не подвергать эти новыя соединенія полному распаденію на составныя части; и хотя при этихъ реакціяхъ не выдѣляются ни водородъ, ни кислородъ, все же весьма вѣроятно, что при этомъ превращеніи происходитъ полная перегруппировка элементовъ воды и элементовъ, входящихъ въ составъ другого соединенія.

Небольшое размышленіе убѣдитъ всякаго, что многія реакціи, которыя мы приписывали водѣ, могутъ быть съ такимъ же правомъ описаны какъ реакціи водорода, и что нѣкоторыя изъ нихъ могутъ быть вполнѣ правильно разсматриваться, какъ реакціи кислорода. Такъ напримѣръ, очевидно, что способность одного грамма водорода соединяться при извѣстныхъ условіяхъ съ восьмью граммами кислорода и образовывать девять граммъ воды,—должны быть отнесены къ реакціямъ водорода. Также очевидно, что къ числу реакцій кислорода относится его способность соединяться при опредѣленныхъ условіяхъ съ водородомъ въ отношеніи 8:1 (по вѣсу) и давать воду. Далѣе, если мы знаемъ, что водородъ получается, когда онъ проходитъ чрезъ до-красна накаленное желѣзо, или что кислородъ образуется, когда смѣсь пара и хлора медленно проходятъ чрезъ сильно нагрѣтую фарфоровую трубку, то эти факты могутъ быть съ полной точностью отнесены къ реакціямъ водорода и кислорода, или же эти самыя реакціи могутъ быть названы реакціями желѣза—съ одной стороны или хлора—съ другой. — Вотъ эта-то многосторонность даже самыхъ простѣйшихъ химическихъ реакцій и дѣлаетъ изученіе химіи чрезвычайно привлекательнымъ съ одной стороны, но за то и очень труднымъ—съ другой. Каждую реакцію надо разсмотрѣть съ различныхъ точекъ зрѣнія и тогда только можно причислить ее къ ряду сходныхъ съ нею реакцій или исключить ее изъ группы реакцій, съ нею не сходныхъ. При этомъ всегда надо помнить, что изученіе реакцій должно быть соединено съ изученіемъ химическаго состава тѣлъ. Нельзя

забывать, что реакціи каждаго опредѣленнаго вещества должно сравнивать только съ реакціями другихъ однородныхъ тѣлъ. Слѣдовательно, если элементы и ихъ соединенія можно классифицировать на основаніи ихъ реакцій, то дальнѣйшія основанія для классификаціи надобно искать, постоянно слѣдя за проявленіемъ сходства между соединеніями тѣхъ тѣлъ, которыя обнаружили сходныя реакціи.

Приведемъ еще одинъ примѣръ изученія реакцій, для того чтобы показать, какими методами пользуются и какіе результаты получаютъ въ этомъ отдѣлѣ химическихъ изысканій. На этотъ разъ выберемъ элементъ, а именно элементъ водородъ.

Первыя реакціи, съ которыми приходится имѣть дѣло, если мы намѣреваемся изучить химическія свойства элемента или соединенія, это способы, при помощи которыхъ можно добыть въ чистомъ видѣ или изолировать изслѣдуемое тѣло. Изслѣдованіе показываетъ, что безцвѣтный, чрезвычайно легкій, совершенно безъ всякаго запаха газъ, выдѣляющійся при погруженіи желѣза въ сильно разбавленную сѣрную кислоту (купоросное масло) будетъ совершенно тѣмъ же газомъ, если мы для полученія его замѣнимъ желѣзо цинкомъ или магніемъ или другимъ какимъ-нибудь подходящимъ металломъ. Далѣе мы найдемъ, что этотъ же газъ можетъ быть добытъ изъ воды, если пропускать ее въ видѣ пара надъ накаленнымъ желѣзомъ или надъ накаленнымъ цинкомъ или надъ нагрѣтымъ магніемъ или другимъ какимъ-нибудь нагрѣтымъ подходящимъ металломъ.

Дальнѣйшія изслѣдованія показываютъ, что соединенія разсматриваемаго нами газа, изъ котороаго можно получить его тѣмъ или инымъ путемъ, очень распространены во многихъ живыхъ существахъ, какъ въ животныхъ, такъ и въ растеніяхъ. Добытые результаты приводятъ насъ къ дальнѣйшимъ изслѣдованіямъ: этотъ газъ—водородъ—можно добыть при взаимодѣйствіи желѣза, цинка или другого какого либо подходящаго металла съ разбавленной сѣрной кислотой; можно ли получить тотъ же газъ, если вмѣсто сѣрной кислоты взять другую какую-нибудь кислую жидкость? Опыты показываютъ намъ, что почти всѣ кислыя, ѣдкія жидкости, обыкновенно называемыя кислотами, могутъ замѣнить въ нашемъ опытѣ сѣрную кислоту. Получается такой же водородъ, какъ при реакціи желѣза съ разбавленной сѣрной кислотой, если взять желѣзо и крѣпкій уксусъ, или желѣзо и соляную („кислыя желудочныя капли“) кислоту или, наконецъ, желѣзо и лимонную кислоту, растворенную въ водѣ. Эти результаты порождаютъ въ насъ стремленіе къ новымъ изслѣдованіямъ. Мы хотимъ получить отвѣтъ при помощи опыта на такой вопросъ: всегда ли получается тотъ же самый газъ, когда мы станемъ дѣйствовать желѣзомъ или цинкомъ на любую кислоту? Пробуемъ дѣйствовать извѣстной всѣмъ кислотой—*крѣпкой водкой* (азотная кислота). При этомъ выдѣляется краснобурый газъ, совершенно не похожій на тотъ, который получался при дѣйствіи на желѣзо другими кислотами.

Станемъ теперь изучать реакціи нашего легкаго безцвѣтнаго газа съ другими однородными тѣлами. Газъ оказывается горючимъ въ атмосферѣ воздуха, и продуктомъ его горѣнія является обыкновенная вода. Приходится подыскать самые точные количественные опыты, для того чтобы узнать, одна ли вода является продуктомъ горѣнія нашего газа или при этомъ образуются и другія какія-нибудь тѣла. Такъ какъ при горѣніи газа образуется вода, то этому газу и дано названіе—*водородъ*.

Превращеніе, которое претерпѣваетъ водородъ, когда онъ сгораетъ въ воду, изучали затѣмъ во всѣхъ подробностяхъ и съ количественной стороны. Когда этотъ процессъ былъ основательно изученъ и разъясненъ, невольно само собой явилось такое предположеніе: если водородъ привести въ соприкосновеніе съ соединеніями кислорода съ другими тѣлами, то весьма вѣроятно, что водородъ отниметъ у нихъ этотъ кислородъ и образуетъ воду. Начали провѣрять это предположеніе опытнымъ путемъ, и оказалось, что очень многія соединенія металловъ съ кислородомъ при нагрѣваніи въ струѣ водорода какъ говорятъ *раскисляются* и образуютъ воду, выдѣляя въ свободномъ состояніи тотъ металлъ, который раньше былъ соединенъ съ кислородомъ. Эти результаты побочнымъ образомъ привели къ пріемамъ полученія металловъ изъ ихъ соединеній съ кислородомъ, а пріемы эти оказались удобными и пригодными въ весьма многихъ случаяхъ.—

— Дѣлались и попытки заставить водородъ соединяться съ другими элементами, и результаты этихъ попытокъ привели изслѣдователей къ обширному полю научныхъ изысканій. Такъ напримѣръ, водородъ и хлоръ (газъ съ удушливымъ запахомъ, добываемый изъ обыкновенной поваренной соли) легко соединяются между собой на солнечномъ свѣтѣ; продуктомъ соединенія этихъ двухъ газовъ является тоже газъ, весьма легко растворяющійся въ водѣ и образующій при этомъ чрезвычайно кислую жидкость, извѣстную въ обыденной жизни подъ названіемъ *соляной кислоты* (acidum muriaticum— въ аптекахъ); конечно, лучше было бы называть ее *хлористоводородной кислотой*, такъ это названіе сразу бы указало бы намъ на происхожденіе изъ хлора и водорода. Затѣмъ водородъ соединяется, правда не особенно легко, съ азотомъ—однимъ изъ малодѣятельныхъ газовъ, входящихъ въ составъ нашей атмосферы, подъ вліяніемъ послѣдовательныхъ электрическихъ разрядовъ. Разъ только мы достигли этого соединенія двухъ газовъ, въ результатѣ опять таки получается новый газъ съ весьма проницательнымъ запахомъ, легко растворимый въ водѣ. Растворъ этого газа въ водѣ извѣстенъ въ повседневной жизни подъ именемъ *нашатырнаго спирта*, такъ какъ этотъ же газъ можетъ быть добытъ при нагрѣваніи *нашатыря* (бѣлаго соленаго кристаллическаго вещества, которымъ заряжаютъ элементы для электрическихъ звонковъ) съ обыкновенной известью. Химики называютъ этотъ газъ—*аммiакомъ*, а

нашатырь *хлористымъ аммоніемъ*. Эти два соединенія различныхъ элементовъ съ водородомъ подвергались тщательному изслѣдованію и сравненію съ другими однородными сложными тѣлами; при этомъ оказалось, что эти два вещества являются представителями двухъ классовъ соединеній, которые можно противопоставить другъ другу по химическому характеру; эти два класа соединеній носятъ различныя названія; одни изъ нихъ называются *кислотами*, другія—*щелочами*. Хлористо-водородная кислота имѣетъ характерные признаки кислоты, амміакъ—признаки щелочи.

Эти результаты привели къ изученію реакцій и состава цѣлаго рода соединеній, которыя всѣ, подобно хлористоводородной кислотѣ отличаются кислымъ вкусомъ, измѣняютъ цвѣта различныхъ красящихъ веществъ (напр. синюю лакмусную краску превращаютъ въ красную), растравляютъ нашу кожу, болѣе или менѣе быстро разъѣдаютъ хлопчатую бумагу, шерсть, дерево и тому подобное. Всѣ эти соединенія оказались содержащими водородъ. Затѣмъ обратили вниманіе и на щелочи: ѣдкій натръ, ѣдкое кали, гашеную известь, ѣдкій баритъ—всѣ эти соединенія по нѣкоторымъ свойствамъ очень напоминаютъ растворъ амміака въ водѣ; и эти вещества также оказались соединеніями водорода. Затѣмъ химики естественно обратились къ изученію того, какое химическое превращеніе произойдетъ, если смѣшать кислоту со щелочью. Начались опыты и въ этомъ направленіи, и послѣ долгихъ весьма трудныхъ количественныхъ работъ, химики нашли, что получаемое при такомъ смѣшиваніи химическое соединеніе не обладаетъ ни свойствами кислоты, ни свойствами основанія. Это соединеніе не кислое и не щелочное, а нейтральное вещество, не похожее на жгучую кислоту и совершенно не сходное съ ѣдкой щелочью, которая такъ легко разъѣдаетъ наше тѣло. Изученіе химическаго состава огромнаго числа соединеній, полученныхъ при *нейтрализованіи* кислотъ щелочами, показало, что въ большинствѣ случаевъ эти соединенія—ихъ обыкновенно называютъ *солями*—не содержатъ водорода; если же водородъ и является одной изъ составныхъ частей соли, то его во всякомъ случаѣ меньше, чѣмъ было раньше въ кислотѣ и щелочи вмѣстѣ до образованія соли. Затѣмъ является вопросъ: что же дѣлается со всѣмъ водородомъ, а въ нѣкоторыхъ случаяхъ и съ его частью, когда кислота и щелочь вмѣстѣ даютъ намъ соль? Опыты намъ показали, что во всѣхъ случаяхъ, когда кислота, нейтрализуясь щелочью, даетъ соль,—образуется вода. Вспомнимъ теперь, что водородъ выдѣлялся, когда мы реагировали извѣстными кислотами на желѣзо, цинкъ или другой какой нибудь металлъ; намъ надо теперь узнать, что дѣлалось съ желѣзомъ или другимъ какимъ нибудь металломъ, когда они растворялись въ кислотахъ.

Результаты громаднаго числа количественныхъ опытовъ доказываютъ, что при раствореніи металловъ въ кислотахъ, металлъ соединяется съ элементами,

входящими въ составъ кислоты*), за исключеніемъ водорода или нѣкоторой части водорода, и что образовавшіяся при этомъ растворенiи соединенія ничто иное какъ *соли*.

— Но если и щелочи и кислоты представляютъ соединенія водорода, то какъ же можетъ быть, что эти соединенія такъ отличаются другъ отъ друга по своимъ химическимъ свойствамъ? Вѣдь кислоты и щелочи по своимъ химическимъ реакціямъ какъ будто бы прямо противуполагаются другъ другу. Почему же кислоты—кислыя? По какой причинѣ щелочи обладаютъ щелочными свойствами? Вотъ къ какому крупному вопросу привело насъ изученіе реакцій водорода.—

Въ старину отвѣтъ на вопросъ: почему кислоты кислыя?—былъ очень простой: кислоты кислы по той причинѣ, что во всѣхъ кислотахъ содержится большее или меньшее количество „сущности“ или „принципа кислотности“. Форма отвѣта по временамъ нѣсколько измѣнялась, и всѣ кислоты признавались содержащими въ себѣ извѣстное количество „первичной кислоты“. Но „*принципъ*“ или „*сущность кислотности* и *первичная кислота*“ это, вѣдь, только ничего незначущія выраженія, изъ которыхъ ни одно не могло помочь правильному и

*) Напримѣръ, въ сѣрной кислотѣ на 32 вѣс. части сѣры приходится 64 вѣс. части кислорода, и въ продуктѣ дѣйствія сѣрной кислоты на желѣзо тоже на 32 вѣс. части сѣры 64 вѣс. части кислорода. Разница только въ томъ, что въ кислотѣ с этими количествами сѣры и кислорода соединены 2 вѣс. части водорода, а въ желѣзномъ купоросѣ—56 вѣс. частей желѣза. С. К.

точному развитію химической науки. Пытаясь втеченіе многихъ столѣтій объяснять свойства сходныхъ между собой различныхъ видовъ матеріи существованіемъ въ нихъ общихъ принциповъ или эссенцій, естествоиспытатели пришли въ концѣ концовъ къ выводу, что этотъ методъ классификаціи не даетъ ровно ничего, что дѣйствительное знаніе, пользуясь этимъ методомъ, нисколько не подвигается впередъ, и что ученый, торжественно заявляющій о существованіи принципа кислотности въ однихъ тѣлахъ или принципа щелочности въ другихъ, стоитъ на томъ же самомъ мѣстѣ, съ котораго онъ началъ свои изысканія. Попытки, которыя дѣлаетъ химикъ, для того чтобы найти причину кислотности кислотъ или щелочности—щелочей принимаютъ иную форму. Химикъ теперь спрашиваетъ: какой составъ тѣхъ соединеній, которымъ свойственны извѣстныя общія имъ всѣмъ реакціи и которыя мы называемъ кислотами? Каковъ составъ того другого класса соединеній, которыя мы называемъ щелочами, и которымъ также присущи извѣстныя, общія имъ всѣмъ реакціи? Единственный отвѣтъ, который можетъ дать химія на вопросы въ родѣ только что предложенныхъ нами, заключается въ выясненіи соотношенія между составомъ тѣлъ и ихъ свойствами. Химія совершенно оставляетъ безъ послѣдствія очень большое количество глубокомысленныхъ важныхъ вопросовъ, которые всѣ начинаются со слова: *почему?* и какъ *просто химія*, довольствуется попытками найти отвѣтъ на вопросы болѣе скромныя, начинающіяся со словъ:

какимъ образомъ. Поэтому то первымъ результатомъ опредѣленія состава огромнаго числа самыхъ разнообразныхъ кислотъ является тотъ фактъ, что всѣ онѣ оказываются соединеніями водорода, и что водородъ представляетъ единственный элементъ, присущій имъ всѣмъ безъ исключенія. Ближайшій вопросъ, на который можетъ дать отвѣтъ только опытъ, очевидно такой: всѣ ли соединенія водорода являются кислотами?

Небольшого изслѣдованія вполнѣ достаточно, чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ отрицательно; оказывается, напримѣръ, что щелочи — эти антиподы кислотъ—тоже являются соединеніями водорода. Очевидно, когда то или другое соединеніе водорода является или не является кислотой, то это существенно зависитъ отъ того, съ какими именно элементами соединяется водородъ. Здѣсь открывается широкое поле для изслѣдованій. Я не могу, конечно, разсказывать о всѣхъ трудахъ и невзгодахъ на этомъ полѣ, о столкновеніяхъ между работниками-соперниками, о надеждахъ и разочарованіяхъ, я могу отмѣтить только главный результатъ этихъ изысканій. Когда водородъ соединяется съ относительно большимъ количествомъ одного или нѣсколькихъ сходныхъ съ кислородомъ элементовъ, причемъ самъ кислородъ можетъ быть или не быть въ ихъ числѣ, то такое соединеніе обладаетъ свойствами кислотъ. Подъ „сходными съ кислородомъ элементами" подразумѣваются элементы въ самомъ широкомъ смыслѣ слова напоминающіе кислородъ по своимъ

типическимъ химическимъ реакціямъ. Наиболѣе извѣстные изъ этихъ элементовъ — сѣра, селенъ, теллуръ, хлоръ, бромъ, іодъ, фторъ.*) Само собою разумѣется, что пришлось затратить много труда на точное изученіе фактовъ, прежде чѣмъ удалось приписать вполнѣ опредѣленное значеніе словамъ, которыя я употребилъ, говоря объ „элементахъ, подобныхъ кислороду" или „элементахъ, которые напоминаютъ кислородъ по своимъ типическимъ химическимъ реакціямъ". Но за то эти слова представляютъ предметъ опредѣленныхъ изысканій и являются такимъ образомъ выраженіемъ дѣйствительно научнымъ.

Поэтому-то въ этомъ отношеніи они и представляютъ полнѣйшій контрастъ съ алхимистическими обозначеніями въ родѣ *принципа кислотности* или *первичной кислоты.*

Но однако, какая же изъ числа всѣхъ тѣхъ разнообразныхъ реакцій, о которыхъ мы упоминали, какъ о присущихъ кислотамъ, является въ дѣйствительности характерной реакціей для всѣхъ кислотъ? Продолжительныя изслѣдованія позволили химикамъ убѣдиться въ томъ, что всѣ кислоты, если ихъ подвергнуть въ присутствіи воды взаимодѣйствію съ металлами (наиболѣе извѣстные металлы—желѣзо, цинкъ, мѣдь, ртуть, олово и свинецъ), обмѣниваютъ весь свой водородъ или часть его на металлъ, об-

---

*) Всѣ эти элементы способны соединяться съ металлами и не-металлами, причемъ ихъ не-металлическія соединенія болѣе или менѣе легко разлагаются водой. С. К.

разуя соли то есть соединенія употребленнаго въ реакцію металла съ элементами, входящими въ составъ кислоты, за исключеніемъ всего или части водорода, который замѣстился въ кислотѣ металломъ*). Т. е. другими словами нѣкоторая часть водорода (или онъ весь) въ нѣкоторыхъ соединеніяхъ болѣе или менѣе легко замѣщается металломъ, если эти соединенія заставить реагировать съ металлами въ присутствіи воды. Соединенія, обладающія этимъ общимъ для всѣхъ ихъ свойствомъ, называются кислотами и всѣ представляютъ соединенія водорода съ относительно большимъ количествомъ одного или нѣскольких элементовъ, напоминающихъ по химическому характеру кислородъ. Значитъ, къ числу химическихъ реакцій водорода относится и та, при которой водородъ выдѣляется въ свободномъ видѣ изъ соединеній его съ значительными количествами элементовъ, напоминающихъ въ широкомъ смыслѣ по своимъ химическимъ реакціямъ кислородъ, если только мы подвергнемъ водныя растворы этихъ соединеній водорода дѣйствію различныхъ металловъ.

Что же можно сказать о щелочахъ? Результаты весьма большого числа очень точныхъ изслѣдованій показываютъ, что щелочи—это химическія соединенія водорода и кислорода съ относительно большими количествами элементовъ, которыя по своимъ химическимъ реакціямъ являются прямо противуположными кислороду—т. е. съ металлами. Водородъ въ этихъ

*) См. предыдущую выноску.

соединеніяхъ—щелочахъ—не можетъ быть замѣненъ металломъ, если мы подвергнемъ водный растворъ щелочей дѣйствію металла.

Подводя итогъ всему сказанному, мы видимъ, что химическія реакціи водорода очевидно зависятъ отъ свойствъ тѣхъ элементовъ, съ которыми водородъ вступилъ въ соединеніе. Если онъ соединяется съ большими количествами элементовъ, сходныхъ съ кислородомъ,—онъ представляетъ водородъ *кислотный;* этотъ водородъ можетъ быть обмѣненъ въ этихъ соединеніяхъ на металлъ; если же онъ соединяется съ большими количествами другихъ элементовъ, которыя въ химическомъ отношеніи являются совершенно непохожими на кислородъ, то, хотя въ этихъ соединеніяхъ и есть всегда нѣкоторое количество кислорода, все же водородъ не способенъ въ нихъ обмѣниваться на металлъ; химически онъ существенно отличается отъ водорода въ кислотахъ *).

Очевидно невозможно изучать химическія реакціи водорода, не изучая въ то же время химическихъ реакцій цѣлаго ряда другихъ элементовъ и различныхъ ихъ соединеній, и не изучая состава различныхъ химическихъ соединеній. Такимъ образомъ оказывается буквально справедливымъ то обстоятельство, что подробное изученіе химическихъ свойствъ водорода тѣсно связано съ самымъ подробнымъ изученіемъ различныхъ химическихъ реакцій каждаго

*) Этотъ вопросъ о кислотномъ и щелочномъ водородѣ подробно разрабатывается въ особомъ отдѣлѣ химіи—электрохимія.
С. К.

другого элемента, а также и съ изученіемъ чрезвычайно большого числа ихъ соединеній. Можно, какъ мнѣ кажется, прямо сказать, что полное изученіе какой нибудь *одной* химической реакціи влечетъ за собой изслѣдованіе *всѣхъ другихъ* химическихъ реакцій; и это происходитъ оттого, что реакціи какого нибудь одного элемента или химическаго соединенія суть ничто иное, какъ превращенія, происходящія тогда, когда взятое нами тѣло вступаетъ во взаимодѣйствіе съ другими и образуетъ различныя новыя вещества; при этомъ, конечно, нельзя считать изслѣдованія реакціи закончеными, когда изучены только свойства этихъ новыхъ веществъ; въ самомъ дѣлѣ, эти изслѣдованія вызываютъ изученіе превращеній, которымъ подвергаются наши новыя вещества, когда они реагируютъ (вступаютъ во взаимодѣйствіе) съ другими веществами. Такимъ образомъ изученіе все далѣе и далѣе подвигается впередъ, пока вся совокупность химическихъ превращеній не будетъ включена въ областъ нашихъ изслѣдованій. Кромѣ того химическія реакціи извѣстныя намъ сегодня не такъ многочисленны какъ тѣ, о которыхъ мы узнаемъ завтра; каждый день прибавляетъ въ область химіи новыя вещества, а слѣдовательно и новыя реакціи. Недостатка разнообразія или недостатка предметовъ для изслѣдованія не бываетъ въ химіи: эта наука постоянно вовлекаетъ насъ все въ новыя и новыя области. Химія удовлетворяетъ, но не пресыщаетъ; химія трудна, но и увлекательна. Поэтому-то нѣтъ другой отрасли естествознанія, въ которой

былъ бы такой постоянный спросъ на людей, отличающихся послѣдовательностью, ясностью и живостью ума, необходимыхъ для приложенія къ изученію природы такъ называемаго научнаго метода, какъ въ химіи.

ГЛАВА VI.

Соотношенія между свойствами и химическимъ составомъ тѣлъ.

Краткое даже изученіе нѣсколькихъ химическихъ свойствъ воды и водорода, которымъ мы занимались въ предыдущей главѣ, естественнымъ образомъ повлекло за собой увѣренность въ существованіи соотношенія между химическими реакціями и составомъ изученныхъ нами веществъ. Но такъ какъ изученіе соотношеній между реакціями и составомъ является, такъ сказать, настоящей сущностью химіи, то будетъ вполнѣ умѣстно посвятить и эту главу описанію нѣкоторыхъ употребляемыхъ съ этой цѣлью методовъ и разъясненію полученныхъ результатовъ.

Лѣтъ семьдесятъ тому назадъ Тальботъ положилъ основаніе фотографіи. Онъ окуналъ бумагу въ растворъ ляписа (адскаго камня, азотнокислаго серебра) и затѣмъ при помощи кисточки смачивалъ эту бумагу растворомъ обыкновенной соли. На приготовленную такимъ образомъ бумагу онъ накладывалъ прозрачный рисунокъ и выставлялъ бумагу и рисунокъ на солнечный свѣтъ. Чрезъ нѣсколько минутъ онъ снималъ рисунокъ и сейчасъ переносилъ бумагу, на ко-

торой солнечный свѣтъ отпечатывалъ точную копію рисунка, но только съ обратнымъ расположеніемъ свѣтлыхъ и темныхъ мѣстъ, въ темную комнату, гдѣ погружалъ ее въ кипящій растворъ поваренной соли. Такимъ путемъ Тальботъ получалъ снимокъ со своего рисунка, на который уже солнечный свѣтъ не оказывалъ дѣйствія. Но свѣтлыя мѣста и тѣни первоначальнаго рисунка на снимкѣ выходили наоборотъ. Тогда онъ началъ дѣлать новые снимки, но уже съ полученнаго отъ дѣйствія свѣта отпечатка; дѣлалось это уже на другомъ кускѣ бумаги, который сначала погружали въ растворъ азотно-кислаго серебра, потомъ кисточкой смачивали эту обработанную бумагу поваренной солью, накладывали сверху первый снимокъ, выставляли все это на свѣтъ, потомъ въ темной комнатѣ снимали снимокъ съ бумаги и обрабатывали ее кипящимъ растворомъ поваренной соли. Такимъ образомъ послѣ всѣхъ этихъ операцій получался снимокъ, на которомъ свѣтлыя и темныя мѣста были расположены такъ же, какъ и на первоначальномъ рисункѣ. Весь этотъ процессъ фотографированія представляетъ очень интересный рядъ измѣненій свойствъ въ нѣкоторыхъ опредѣленныхъ веществахъ. Однако, пріемъ Тальбота не былъ вполнѣ удовлетворительнымъ: онъ былъ слишкомъ мѣшкотенъ; даже первый снимокъ оказывался всегда способнымъ блѣднѣть и выцвѣтать, когда его выставляли, хотя бы на малое время, на свѣтъ; снимокъ былъ не настолько отчетливъ, какъ этого можно было бы ожидать и т. д. Поэтому очевидно

было необходимо выяснить насколько возможно измѣненія состава, которыми сопровождаются наблюдаемыя нами измѣненія свойствъ; если затѣмъ сравнить тѣ измѣненія, которымъ подверглись наши вещества, съ аналогичными измѣненіями хорошо извѣстныхъ намъ тѣлъ, то опираясь на прочно установленные факты, можно придумать нѣкоторые улучшенія въ нашихъ операціяхъ и попытаться сдѣлать въ нихъ соотвѣтственныя измѣненія. Такъ, мы знаемъ, что бумага, смоченная растворомъ азотно-кислаго серебра и затѣмъ смазанная растворомъ обыкновенной соли, заключаетъ въ своихъ порахъ твердое бѣлое тѣло, которое называется хлористымъ серебромъ. Что при сливаніи вмѣстѣ растворовъ азотно-кислаго серебра и обыкновенной соли образуется бѣлое хлористое серебро,—знали задолго до Тальбота, а что хлористое серебро чернѣетъ на солнечномъ свѣтѣ,—было вполнѣ установлено за два столѣтія до опытовъ Тальбота. Какое же измѣненіе въ составѣ хлористаго серебра происходитъ отъ дѣйствія свѣта? Можно, конечно, предположить, что опредѣленный отвѣтъ на этотъ вопросъ былъ данъ тоже задолго до того времени, когда въ фотографированіи сдѣланы были замѣтные успѣхи; но, какъ это ни странно, до сихъ поръ не удалось найти вполнѣ опредѣленнаго и несомнѣнно точнаго отвѣта. Когда хлористое серебро подвергается дѣйствію свѣта, то оно претерпѣваетъ чрезвычайно малую убыль въ вѣсѣ, при этомъ ничтожное количество хлора выдѣляется (хлористое серебро, какъ показываетъ самое

названіе, состоитъ изъ хлора и серебра); нельзя отрицать и того, что чрезвычайно малое количество кислорода изъ воздуха можетъ войти въ химическое соединеніе съ нѣкоторой частью новаго соединенія хлора и серебра—полухлористаго серебра. Во всякомъ случаѣ измѣненіе состава хлористаго серебра можетъ быть вызвано только въ чрезвычайно тонкомъ слоѣ на его поверхности.

Тальботъ нашелъ, что хлористое серебро растворяется въ кипящемъ растворѣ обыкновенной поваренной соли,—при этомъ образуется вполнѣ опредѣленное химическое соединеніе натрія, хлора и серебра; черное же соединеніе, образуыщееся изъ хлористаго серебра при дѣйствіи на него солнечнаго свѣта, остается при этомъ не растворенным даже при продолжительномъ кипѣніи.

Однако же работать съ кипящими растворами очень неудобно. Продѣлавъ цѣлый рядъ пробъ съ различными веществами, Тальботъ нашелъ, наконецъ, что хлористое серебро чрезвычайно легко растворяется въ холодномъ растворѣ сѣрноватистокислаго натрія (гипосульфитъ у фотографовъ), причемъ образуется двойное соединеніе сѣрноватистокислаго натрія и серебра; что же касается потемнѣвшаго отъ дѣйствія солнечнаго свѣта продукта, то онъ оказывается нерастворимымъ въ этой жидкости. Такимъ образомъ былъ сдѣланъ значительный шагъ впередъ. Тальботъ затѣмъ попробовалъ вмѣсто хлористаго серебра употреблять другое серебряное соединеніе, такъ называемое іодистое серебро. Оказалось, что подъ

дѣйствіемъ свѣта чрезвычайно малый слой на поверхности іодистаго серебра тоже претерпѣваетъ измѣненіе, но это измѣненіе остается невидимымъ до тѣхъ поръ, пока мы не вызовемъ въ іодистомъ серебрѣ новаго превращенія, погружая бумагу, пропитанную іодистымъ серебромъ, послѣ дѣйствія солнечнаго свѣта въ нѣкоторый реактивъ, который дѣйствуетъ на чрезвычайно малое количество измѣненнаго іодистаго серебра и вызываетъ въ немъ появленіе видимаго изображенія. Это открытіе послужило началомъ новыхъ измѣненій въ способахъ фотографированія. Теперь уже не надо подвергать свѣточувствительную бумагу продолжительному дѣйствію солнечнаго свѣта и ожидать, пока на ней появится видимое изображеніе: достаточно самой малой экспозиціи (дѣйствія свѣта), чтобы вызвать въ свѣточувствительной соли такое измѣненіе, что нашъ новый реактивъ, дѣйствуя на слѣды измѣненной чувствительной соли, произведетъ въ ней новое превращеніе, въ результатѣ котораго явится видимое изображеніе.

Эти реактивы, дѣйствующіе на хлористое серебро, а также на іодистое и бромистое серебро послѣ дѣйствія на нихъ свѣта, получили названіе *проявителей*, потому что они проявляютъ изображеніе, вызывая измѣненіе состава и свойствъ тѣхъ частей солей серебра, которыя уже претерпѣли нѣкоторое, хотя и чрезвычайно малое, превращеніе подъ дѣйствіемъ солнечнаго свѣта.

Способъ, который позволяетъ производить изображенія предметовъ, собирая лучи, идущіе отъ предме-

та, въ одну точку при помощи оптическихъ стеколъ (линзъ), былъ введенъ Дагерромъ, послѣдователемъ Ніепса, приблизительно въ тридцатыхъ годахъ прошлаго вѣка. Съ тѣхъ поръ и линзы и камеры были значительно усовершенствованы, но суть дѣла — физическая часть фотографіи—осталась безъ перемѣны. Въ настоящее время обыкновенно приготовляютъ чувствительныя пластинки, на которыхъ свѣтъ рисуетъ изображенія предметовъ, такимъ образомъ: растворяютъ бромистый калій или бромистый аммоній въ водѣ, прибавляютъ къ раствору желатина и затѣмъ такое количество раствора азотнокислаго серебра, что бы его какъ разъ было достаточно для образованія твердаго бромистаго серебра изъ всего взятаго бромистаго калія. Кромѣ бромистаго серебра при этомъ образуется еще и азотнокислый калій или аммоній; обѣ эти соли растворимы въ водѣ и остаются въ растворѣ. Когда эту жидкость взбалтываютъ, то образуется эмульсія, такъ какъ мельчайшія частички твердаго бромистаго серебра распредѣляются довольно равномѣрно во всемъ желатинномъ растворѣ. Эту эмульсію слегка нагрѣваютъ втеченіе нѣкотораго времени, затѣмъ охлаждаютъ и промываютъ полузастывшіи желатинъ съ равномѣрно распредѣленными въ немъ мельчайшими частичками бромистаго серебра холодной водой до тѣхъ поръ, пока всѣ растворимыя въ водѣ части не будутъ отмыты окончательно. Всѣ эти операціи, конечно, продѣлываются или въ совершенной темнотѣ или въ комнатѣ, освѣщаемой оранжево-краснымъ свѣтомъ, при которомъ, какъ

дознано опытомъ, не происходитъ измѣненія свѣточувствительнаго осадка бромистаго серебра. Промытую желатинную эмульсію тщательно смѣшиваютъ съ обыкновеннымъ растворомъ желатина, котораго берутъ какъ разъ столько, чтобы получился растворъ надлежащей густоты. Эту полужидкую эмульсію тотчасъ же наливаютъ на чистыя и гладкія стеклянныя пластинки и даютъ ей на нихъ совершенно высохнуть. Когда приготовленную такимъ образомъ пластинку подвергаютъ въ камерѣ на малую долю секунды дѣйствію лучей свѣта, которые идутъ отъ предмета, находящагося внѣ камеры, собираются и такимъ образомъ сгущаются на пластинкѣ при помощи оптическихъ стеколъ (линзъ), то при этомъ чрезвычайно тонкій слой бромистаго серебра, покрывающій пластинку, претерпѣваетъ измѣненіе состава, которое сопровождается и измѣненіемъ свойствъ. Это измѣненіе состава несомнѣнно заключается въ томъ, что незначительные слѣды брома отщепляются отъ бромистаго серебра; при этомъ весьма вѣроятно (хотя и не навѣрное) образуется соединеніе, а быть можетъ и не одного только, серебра и брома*). Незначительное количество брома, выдѣлившееся изъ бромистаго серебра, которое подверглось дѣйствію свѣтовыхъ лучей, поглощается желатиномъ, образуя одно или нѣсколько химическихъ соединеній. Сте-

---

*) Въ настоящее время можно почти съ полной увѣренностью утверждать, что въ образующемся соединеніи содержится вдвое меньше хлора (брома, іода) на то же количество серебра, чѣмъ въ хлористомъ (бромистомъ, іодистомъ) серебра. С. К.

пень измѣненія свѣточувствительной пластинки зависитъ отъ напряженія (силы) свѣта, падающаго на нее, и времени экспозиціи; болѣе свѣтлыя части фотографируемаго предмета, безъ сомнѣнія, испускаютъ больше свѣта, чѣмъ темныя. Значитъ, степень химическаго измѣненія будетъ наибольшая въ тѣхъ частяхъ пленки бромистаго серебра, на которыя попали лучи, идущіе отъ наиболѣе свѣтлыхъ частей фотографируемаго предмета, и наоборотъ

Однако на этой стадіи химическаго измѣненія мы еще ничего не видимъ на пластинкѣ: надо сначала проявить изображеніе. Съ этой цѣлью пластинку погружаютъ въ растворъ нѣкотораго реактива, который обладаетъ способностью отщеплять бромъ и, по всему вѣроятію, также и кислородъ изъ соединенія (или соединеній), образовавшагося при дѣйствіи свѣта на бромистое серебро. Серебро при этомъ выдѣляется въ видѣ необычайно тонкаго порошка. Дѣйствіе обыкновенно употребляемыхъ проявителей, какъ кажется, заключается въ томъ, что они увеличиваютъ ничтожное количество измѣненнаго свѣтомъ бромистаго серебра. Эти проявители по всему вѣроятію отнимаютъ бромъ и такимъ образомъ выдѣляютъ свободное серебро изъ того бромистаго серебра, которое еще не измѣнилось отъ дѣйствія свѣта. Когда процессъ проявленія закончился, на пластинкѣ появляется изображеніе предмета, съ обратнымъ расположеніемъ свѣтлыхъ и темныхъ мѣстъ; это изображеніе образовалось изъ чрезвычайно мелкихъ рыжевато-сѣрыхъ частичекъ серебра. Такъ какъ пластинка

получила наибольшее количество лучей отъ тѣхъ частей предмета, которыя были наиболѣе свѣтлыми, то отсюда слѣдуетъ, что въ этихъ частяхъ пластинки разложеніе бромистаго серебра было наибольшее, а значитъ и отложеніе серебра, вызванное проявителемъ, въ этомъ мѣстѣ самое плотное. Значитъ, выходитъ, что самыя свѣтлыя части предмета явятся на первомъ изображеніи самыми темными.

Когда процессъ проявленія оконченъ, смываютъ съ пластинки неизмѣненное бромистое серебро, погружая ее въ растворъ сѣрноватисто-кислаго натрія и затѣмъ тщательно прополаскивая ее подъ краномъ водой. Такимъ образомъ снимокъ *фиксируется* (закрѣпляется). Мнѣ нѣтъ надобности входить въ подробное описаніе пріемовъ, при помощи которыхъ получается на чувствительной бумагѣ изображеніе предмета съ такимъ же расположеніемъ свѣтлыхъ и темныхъ мѣстъ, какъ и въ фотографируемомъ предметѣ. Достаточно будетъ сказать, что подъ пластинку (съ фиксированнымъ изображеніемъ) подкладываютъ кусокъ бумаги, пропитанной солью серебра (обыкновенно берутъ хлористое серебро); свѣтъ проходитъ черезъ пластинку и попадаетъ на свѣточувствительную бумагу, причемъ въ ней происходятъ болѣе или менѣе сходныя съ тѣми, которыя пластинка претерпѣвала во время экспозиціи въ камерѣ. Свѣтъ возстановляетъ серебряныя соли на бумаги, образуя соединенія рыжевато - бураго, очень некрасиваго цвѣта.

При этомъ возстановленіе идетъ въ наименьшей

степени въ тѣхъ мѣстахъ бумаги, которыя покрыты наиболѣе толстымъ слоемъ серебра на пластинкѣ, такъ что наиболѣе свѣтлыя мѣста фотографируемаго предмета явятся наиболѣе свѣтлыми на этомъ послѣднемъ отпечаткѣ. Для того, чтобы уничтожить непріятный рыжевато-бурый оттѣнокъ отпечатка, его подвергаютъ такъ называемому *виражу* (окрашиванію), погружая его въ растворъ хлористаго золота. Различныя соединенія, вызывающія различіе свѣта и тѣни на отпечаткѣ, разлагаютъ хлористое золото, причемъ самое ничтожное количество золота осаждается на отпечаткѣ. При этомъ исчезаетъ непріятный для глазъ рыжевато-бурый цвѣтъ и получается снимокъ красиваго фіолетоваго оттѣнка. Оставшееся на бумагѣ неизмѣненное хлористое серебро удаляютъ, погружая бумагу въ растворъ сѣрноватисто-кислаго натрія, затѣмъ тщательно промываютъ ее водой и даютъ ей высохнуть.

Извѣстная часть операцій, которыми пользуются въ фотографіи, конечно, чисто физическаго характера, и поэтому успѣхъ работы зависитъ отъ того, употребляемъ ли мы хорошо устроенные камеры, объективы и затворы или нѣтъ, но все таки превращенія, которыя составляютъ существенную долю фотографическихъ операцій, являются измѣненіями состава, а вмѣстѣ съ тѣмъ и свойствъ опредѣленныхъ химическихъ соединеній. Измѣненіе—безконечно малое, но все таки вполнѣ опредѣленное химическое измѣненіе, произведенное свѣтомъ въ свѣточувствительномъ бромистомъ серебрѣ, сказывается въ томъ,

что при этомъ появляется соединеніе (или быть можетъ соединенія) съ новыми, весьма рѣзко выраженными свойствами: это соединеніе способно реагировать съ другими опредѣленными химическими соединеніями, такъ называемыми проявителями, выдѣляя въ свободномъ состояніи серебро. Кромѣ того, надо замѣтить, что бромистое серебро реагируетъ съ сѣрноватисто-кислымъ натріемъ, образуя соединеніе, легко растворимое въ водѣ, тогда какъ тотъ же сѣрноватисто-кислый натрій не оказываетъ никакого дѣйствія на серебро или его соединеніе (а можетъ быть и соединенія), которое образовалось отъ дѣйствія свѣта на бромистое серебро. Это постепенное развитіе по истинѣ удивительнаго фотографическаго искусства представляетъ поразительный примѣръ того, что можетъ быть достигнуто при внимательномъ изученіи соотношеній между опредѣленными измѣненіями состава и опредѣленными измѣненіями свойствъ. Правда, конечно, много усовершенствованій въ фотографическомъ дѣлѣ сдѣлано людьми, которые не только не имѣли представленія о точномъ изученіи измѣненій матеріи, но и не особенно объ этомъ заботились; однако же вѣрно и то, что большинство существенныхъ видоизмѣненій въ фотографическомъ искусствѣ, большинство важныхъ открытій въ этой области явились результатомъ тщательныхъ и упорныхъ попытокъ выяснить, какія превращенія происходятъ въ дѣйствительности во время различныхъ стадій фотографическихъ операційи въ какой зависимости стоятъ эти превращенія къ измѣненіямъ свойствъ.

Слѣдующій примѣръ, на которомъ ясно видны результаты изученія соотношенія между измѣненіями состава и измѣненіями свойствъ, я возьму изъ желѣзодѣлательной промышленности. Разница между свойствами металлическаго желѣза и свойствами желѣзной руды чрезвычайно велика: свойства ковкаго желѣза дѣлаютъ его самымъ полезнымъ и наиболѣе употребляемымъ металломъ, желѣзная же руда не находитъ себѣ примѣненія, какъ таковая, а если и употребляется въ дѣло, то только какъ матерьялъ для выработки желѣза. Этой разницѣ въ свойствахъ надо думать, отвѣчаетъ и громадное различіе въ составѣ. Если же признать несомнѣнной эту громадную разницу въ составѣ, то, конечно, можно подобрать такія реакціи, при которыхъ могъ бы совершиться переходъ одного вещества въ другое. Анализы желѣзныхъ рудъ показываютъ, что большая часть изъ нихъ состоитъ изъ химическихъ соединеній желѣза и кислорода, къ которымъ примѣшаны другія соединенія различныхъ элементовъ. Задача заключается въ томъ, чтобы съумѣть отнять кислородъ изъ его соединенія съ желѣзомъ. Намъ хорошо извѣстно, что уголь или коксъ очень легко горятъ и что они во время горѣнія соединяются съ кислородомъ. Далѣе, опыты въ лабораторіяхъ показываютъ намъ, что если нагрѣвать мелко истолченный уголь съ окисью свинца или съ окисью мѣди, то раскаленный уголь отнимаетъ кислородъ отъ металлическаго окисла, причемъ получаются углекислый газъ и свободный свинецъ или мѣдь. Дальнѣйшіе

опыты надъ горѣніемъ угля или кокса показали, что, если насыпать эти матерьялы высокой кучей, поджечь ее снизу и доставлять снизу достаточное количество воздуха, то углекислый газъ, образующійся при горѣніи угля, проходитъ черезъ высокій слой накаленнаго угля или кокса, отдаетъ ему половину своего кислорода и выходитъ уже въ видѣ особеннаго газа, который носитъ названіе окиси углерода (угарный газъ). Эта окись углерода, будучи сильно нагрѣта, чрезвычайно легко воспламеняется въ воздухѣ, горитъ блѣдно синимъ пламенемъ и при этомъ превращается опять въ углекислый газъ. Эта окись углерода отличается еще и той особенностью, что она очень легко отнимаетъ кислородъ отъ различныхъ металлическихъ окисловъ, если только ихъ нагрѣть въ ней.

Пользуясь этими именно реакціями, можно выработать способъ превращенія желѣзной руды въ металлическое желѣзо. Если желѣзную руду смѣшать съ углемъ или коксомъ и сильно накалить, вдувая воздухъ снизу печи, то нѣкоторая часть угля или кокса сгоритъ въ углекислоту на счетъ того кислорода, который заключается въ вдуваемомъ воздухѣ, другая же часть, по всему вѣроятію, сгоритъ на счетъ того кислорода, который она отниметъ отъ окисловъ желѣза, заключающихся въ желѣзной рудѣ. Далѣе, когда углекислый газъ поднимется вверхъ, то весьма вѣроятно, что накаленный коксъ или уголь, чрезъ который ему приходится проходить, отниметъ отъ него половину заключающагося въ немъ кислорода;

разъ это случилось и образовался новый газъ—окись углерода, который обладаетъ способностью жадно соединяться съ кислородомъ, откуда бы этотъ кислородъ не получался, то съ увѣренностью можно сказать, что эта окись углерода отниметъ кислородъ отъ окисловъ желѣза, заключающихся въ желѣзной рудѣ. Такимъ образомъ, при помощи этихъ двухъ различныхъ реакцій мы можемъ выполнить намѣченное нами превращеніе: съ одной стороны мы можемъ удалить кислородъ изъ окиси желѣза при помощи реакціи между окисью желѣза и углемъ или коксомъ—при необычайно высокой температурѣ, съ другой стороны можно сравнительно легко отнять кислородъ отъ той же самой окиси желѣза, пользуясь реакціей между нею и окисью углерода, которая получается изъ угля или кокса при сжиганіи ихъ въ особыхъ условіяхъ. Вотъ эти-то двѣ реакціи и происходятъ, на ряду со многими другими химическими превращеніями, въ доменныхъ печахъ, въ которыхъ желѣзная руда превращается въ металлическое желѣзо.

Реакціями, которыя протекаютъ между окислами металловъ и углемъ при высокой температурѣ, можно съ успѣхомъ воспользоваться не только для для выплавки желѣза, но и другихъ металловъ изъ ихъ рудъ. Надо сказать что нѣкоторыя металлическія руды состоятъ изъ соединеній металловъ съ кислородомъ; нѣкоторыя другія представляютъ соединенія металловъ съ сѣрой; третьи, наконецъ, такъ называемыя углекислыя соединенія или карбонаты содер-

жатъ металлы въ соединеніи съ углемъ и кислородомъ. Замѣтимъ теперь, что большая часть сѣрнистыхъ металловъ легко превращается въ окиси металловъ при обжиганіи въ струѣ воздуха: сѣра при этомъ сгораетъ, превращаясь въ газообразный сѣрнистый ангидридъ, а кислородъ воздуха соединяется съ металломъ, освободившимся отъ сѣры*); далѣе большая часть (всѣ—кромѣ соединеній калія и натрія) углекислыхъ металловъ можетъ легко быть превращена въ окиси металловъ при сильномъ накаливаніи: углекислота при этомъ выдѣляется въ газообразномъ состояніи. Изъ сказаннаго ясно, что превратить углекислый или сѣрнистый металлъ, заключающійся въ рудѣ, въ окись металла—весьма нетрудная задача. А разъ только мы сумѣли получить окись металла, часто очень легко выплавить и самый металлъ, сильно нагрѣвая смѣсь окиси металла и угля или кокса въ особо приспособленныхъ печахъ.

Изученіе измѣненій состава, сопровождающихся измѣненіями свойствъ, которыя наблюдаются во время превращенія природной металлической руды въ металлъ, даетъ возможность придумать такія сочетанія различныхъ химическихъ процессовъ, при помощи которыхъ тотъ или другой отдѣльный металлъ можетъ быть легко извлеченъ изъ руды въ чистомъ видѣ. Такимъ образомъ, всякій, кто обладаетъ до-

*) Если металлъ съ трудомъ или очень медленно соединяется съ кислородомъ, то онъ выдѣляется въ чистомъ видѣ; такъ при обжиганіи киновари (природная сѣрнистая ртуть) получается сѣрнистый ангидридъ и металлическая ртуть. С. К.

статочно общими и въ то же время точными познаніями изъ области этого класса химическихъ превращеній, знаетъ, какіе процессы стоитъ пытаться прилагать въ томъ случаѣ, когда намъ приходится имѣть дѣло съ нѣкоторыми новыми задачами при извлеченіи металловъ изъ рудъ, встрѣчающихся часто въ природѣ. Этого мало: основательное знаніе превращеній, о которыхъ я только что говорилъ, даетъ возможность человѣку придумывать новые пріемы въ томъ случаѣ, если обычные и постоянно примѣняемые способы окажутся почему либо неприложимыми или же прямо неудачными. Такому человѣку извѣстенъ общій характеръ тѣхъ методовъ, которые онъ можетъ съ успѣхомъ прилагать въ томъ или другомъ случаѣ; онъ легко подготовитъ и быстро провѣритъ въ лабораторіи въ небольшихъ размѣрахъ цѣлый рядъ способовъ, на испытаніе которыхъ у обыкновеннаго неподготовленнаго человѣка при работѣ почти на обумъ пойдетъ цѣлая масса времени и труда; онъ разомъ добьется до самаго корня дѣла.

Разсмотримъ, напримѣръ, приготовленіе алюминія,—металла, который за послѣднія десять лѣтъ началъ входить во всеобщее употребленіе. Химическое соединеніе окиси алюминія съ кремнеземомъ (окисью кремнія) встрѣчается на землѣ въ весьма значительныхъ количествахъ; это химическое соединеніе образуетъ обыкновенную глину. Судя по тѣмъ реакціямъ, которыя протекаютъ, когда очень многіе металлическіе окислы нагрѣваютъ съ углемъ, можно было бы думать, что и при нагрѣваніи смѣси окиси алюминія, которая безъ особыхъ затрудненій можетъ быть добыта изъ обыкновенной глины, —съ углемъ можно легко получить въ металлическомъ видѣ алюминій.

Однако же, когда попробовали воспользоваться этой реакціей, то оказалось, что окись алюминія при этихъ условіяхъ, т. е. при нагрѣваніи съ углемъ въ самомъ сильномъ жару, достигаемомъ въ нашихъ печахъ, своего кислорода не теряетъ. Химическія соединенія, которыя даютъ металлы съ хлоромъ, бромомъ или фторомъ, въ нѣкоторомъ отношеніи по своимъ химическимъ реакціямъ напоминаютъ металлическія окислы. Подобно тому, какъ почти всѣ окислы отдаютъ свой кислородъ при нагрѣваніи ихъ съ углемъ или въ струѣ газообразной окиси углерода или при нагрѣваніи ихъ съ однимъ чрезвычайно ядовитымъ соединеніемъ, такъ называемымъ ціанистымъ (синеродистымъ) каліемъ, точно такъ же хлоръ, бромъ или фторъ могутъ быть выдѣлены изъ хлористыхъ, бромистыхъ или фтористыхъ металловъ общимъ способомъ, а именно дѣйствіемъ металлическаго натрія или цинка на расплавленный хлористый, бромистый, іодистый или фтористый металлъ. Эти реакціи были примѣнены, и примѣнены съ большимъ успѣхомъ, для добыванія металлическаго алюминія. Сначала приготовляютъ изъ глины хлористый алюминій или лучше соединеніе хлористаго алюминія съ хлористымъ натріемъ, затѣмъ это двойное соединеніе расплавляютъ и особенной ложкой съ дырочками втискиваютъ въ полужидкую массу куски металлическаго натрія; про-

исходитъ необычайно бурная реакція; при этомъ образуется обыкновенная соль отъ соединенія натрія съ хлоромъ, который онъ отнимаетъ изъ его соединенія съ алюминіемъ, а расплавленный металлическій алюминій, освободившійся изъ соединенія съ хлоромъ, стекаетъ на дно и можетъ быть вылитъ въ желѣзныя формы.

Однако же этотъ способъ добыванія алюминія оказывается не особенно выгоднымъ въ техническомъ отношеніи; приготовленіе двойнаго соединенія хлористыхъ натрія и алюминія изъ глины довольно таки мѣшкотная и не очень то легкая операція, а употребленіе металлическаго натрія обходится довольно дорого. Было, однако, извѣстно, что очень многіе хлористые, бромистые и фтористые металлы разлагаются на свои составныя части, если ихъ расплавить и пропускать чрезъ эти расплавленныя соли электрическій токъ. Этотъ методъ попытались примѣнить къ фтористому алюминію, и попытка оказалась вполнѣ удачной. Соединеніе фтористаго алюминія съ фтористымъ натріемъ встрѣчается въ природѣ; это минералъ *кріолитъ* (ледяной камень). Если требуется получить алюминій изъ кріолита, то этотъ минералъ смѣшиваютъ съ нѣкоторымъ количествомъ обыкновенной соли (смѣсь эта, какъ всѣ смѣси, плавится гораздо легче, чѣмъ чистый кріолитъ), расплавляютъ эту смѣсь и затѣмъ пропускаютъ электрическій токъ чрезъ расплавленное вещество.

Вернемся опять на минуту къ желѣзу, полученному отнятіемъ кислорода отъ желѣзной руды. По-

лученное такимъ путемъ желѣзо не представляетъ собой чистаго желѣза; оно содержитъ нѣсколько процентовъ углерода, который дѣлаетъ его болѣе плавкимъ и придаетъ ему способность отливаться въ болванки или *свинки*, какъ ихъ называютъ въ желѣзодѣлательной промышленности. Сталь почти чистое желѣзо; по крайней мѣрѣ оно содержитъ значительно меньше углерода, чѣмъ чугунъ. Въ виду того, что сталь гораздо тверже чугуна, а также и того, что сталь можно закаливать, чего ни при какихъ обстоятельствахъ не удается продѣлать съ чугуномъ, она представляетъ чрезвычайно распространенный и наиболѣе употребляемый сортъ желѣза. Какъ же, однако, превратить хрупкій чугунъ въ ковкую сталь? Задача сводится къ тому, что требуется отнять отъ чугуна немного больше половины заключающагося въ немъ углерода, такъ чтобы въ продуктѣ превращенія осталось около 1—$1^1/_2$ процента углерода.

Если долго продувать воздухъ чрезъ расплавленный чугунъ, то въ концѣ концовъ весь углеродъ сгоритъ въ углекислоту, и въ тоже время очень малая часть желѣза превратится въ ржавчину (окись желѣза).

Остановить этотъ процессъ постепеннаго сгоранія углерода какъ разъ въ то время, когда сгорѣло столько углерода, что образованіе стали изъ чугуна обезпечено, на практикѣ оказывается невозможнымъ; однако же оказывается вполнѣ возможнымъ остановить этотъ процессъ какъ разъ въ тотъ моментъ,

когда сгорѣли послѣдніе слѣды углерода, такъ что можно потомъ прибавить какъ разъ столько угля (въ видѣ чугуна, конечно), чтобы все содержимое сосуда, въ которомъ вели реакцію, превратилось въ сталь. Процессъ *бессемерованія* (отъ имени Бессемера, который въ 1856 г. впервые ввелъ этотъ способъ) для превращенія чугуна въ сталь основывается на различныхъ отношеніяхъ углерода и желѣза къ воздуху при очень высокой температурѣ. Для бессемерованія употребляются огромныя грушевидныя реторты (конверторы), сдѣланныя изъ листовъ кованнаго желѣза и выложенныя внутри огнеупорной глиной. Чрезъ дно такой реторты пропущено нѣсколько трубокъ, чрезъ которыя можно вдувать воздухъ подъ большимъ давленіемъ. Реторту загружаютъ расплавленнымъ чугуномъ и начинаютъ вдувать воздухъ. Въ этотъ моментъ и начинается процессъ выгоранія углерода. Углеродъ быстро сгораетъ въ углекислоту, которая и удаляется въ газообразномъ состояніи, а въ тоже время весьма ничтожная доля желѣза превращается въ окись желѣза. Когда послѣдніе слѣды углерода выгорѣли, —а этотъ моментъ можно точно уловить по внезапному измѣненію внѣшняго вида пламени, вылетающаго изъ реторты, —прекращаютъ вдуваніе воздуха; для того чтобы превратить въ сталь почти чистое желѣзо, находящееся въ ретортѣ, къ нему прибавляютъ надлежащее количество углерода (въ видѣ чугуна), причемъ, конечно, предполагается, что количество взятаго чугуна извѣстно, и готовую расплавленную сталь вливаютъ въ приспособленные

заранѣе сосуды или формы, гдѣ она и охлаждается. Небольшое количество окиси желѣза, образовавшееся во время бессемерованія, остается не растворенным въ жидкой стали и плаваетъ на поверхности расплавленной массы, не смѣшиваясь съ ней, въ видѣ окалины или шлаковъ.

Всѣ эти примѣры — фотографированіе, выплавка желѣза изъ желѣзныхъ кислородныхъ рудъ, приготовленіе стали изъ чугуна, добываніе алюминія изъ его природныхъ соединеній, находимыхъ въ земной корѣ, —всѣ они могутъ служить прекрасными иллюстраціями тѣхъ результатовъ, которые были достигнуты путемъ тщательнаго и всесторонняго изученія соотношеній между измѣненіями свойствъ и измѣненіями состава т. е. путемъ изученія химическихъ превращеній. Всѣ эти примѣры были взяты изъ области технической химіи. Впрочемъ я сейчасъ же дамъ вамъ еще нѣсколько примѣровъ какъ достигнутыхъ результатовъ, такъ и употребляемыхъ для этого методовъ; всѣ эти новые примѣры будутъ отличаться болѣе общимъ характеромъ, чѣмъ тѣ, которыя я подобралъ раньше: только что разобранныя нами химическія превращенія были, какъ вы видѣли, болѣе или менѣе спеціальнаго характера и примѣнялись во многихъ промышленныхъ операціяхъ.

Кислородъ соединяется со всѣми элементами, за исключеніемъ брома и фтора *); эти химическія

*) Не удалось получить и соединеній кислорода съ такъ называемыми *благородными газами:* аргономъ, геліемъ, неономъ, криптономъ и ксенономъ. Но эти газы вообще не удалось соединить ни съ однимъ элементомъ. С. К.

соединенія кислорода съ другими элементами называются вообще *окислами*. Въ результатѣ этихъ реакцій является чрезвычайно большое число соединеній сходнаго состава; всѣ они представляютъ бинарныя (двойныя) соединенія кислорода. Изученіе химическихъ реакцій этого класса соединеній, такъ близкихъ другъ къ другу по составу, не можетъ не быть интереснымъ. Нѣкоторые окислы растворяются очень легко въ водѣ, другіе растворяются съ трудомъ и нѣкоторые, наконецъ, совсѣмъ нерастворимы. Водные растворы нѣкоторыхъ окисловъ оказываются кислыми, жгучими и ѣдкими; въ этихъ растворахъ очень часто можно растворять различные металлы, причемъ выдѣляются различные газы, часто водородъ, а также растворять обыкновенную соду или мѣлъ, причемъ наблюдается выдѣленіе углекислоты. Водные растворы нѣкоторыхъ другихъ окисловъ на ощупь напоминаютъ мыло, и при этомъ не являются кислыми или жгучими; эти растворы не способны растворять металловъ, соды или мѣла съ выдѣленіемъ газовъ. Если взять опредѣленное количество двухъ окисловъ: одного, относящагося къ первой категоріи, а другого—ко второй, и смѣшать ихъ вмѣстѣ въ водныхъ растворахъ, то типическія и характерныя свойства этихъ двухъ окисловъ исчезаютъ совсѣмъ; въ результатѣ получается жидкость на вкусъ не жгучая и не ѣдкая и на ощупь не напоминающая мыла; эта жидкость не растворяетъ металловъ, соды или мѣла съ выдѣленіемъ газовъ. Отличительныя свойства этой жидкости

лучше всего выражаются словомъ *нейтральныя* (средній, не обладающій рѣзкими особенностями).

Если эту нейтральную жидкость сгустить, выпаривая ее на огнѣ, а потомъ дать ей охладиться, то изъ нея выдѣляется твердое тѣло, обыкновенно въ кристаллахъ; анализъ этихъ кристалловъ показываетъ, что они состоятъ изъ химическаго соединенія двухъ окисловъ, которые мы брали въ водномъ растворѣ для нашей реакціи. Два окисла соединились химически и дали опредѣленное вещество, свойства котораго рѣзко отличаются отъ свойствъ взятыхъ первоначально окисловъ; характеристическія свойства этихъ окисловъ совершенно исчезли въ свойствахъ этого новаго вещества.

Принято называть тѣ окислы, которые, растворяясь въ водѣ, даютъ кислыя жидкости, способныя растворять металлы, *кислотными окислами*; тѣмъ же окисламъ, растворы которыхъ не обладаютъ кислымъ вкусомъ и не растворяютъ металловъ, даютъ названіе *основныхъ окисловъ*. Соединенія, образовавшіяся при смѣшеніи опредѣленныхъ количествъ двухъ водныхъ растворовъ окисловъ, изъ которыхъ одинъ кислотный, а другой основной, носятъ названіе *солей*. Оказалось, что есть очень много окисловъ, которые хотя и не растворяются въ водѣ, но тѣмъ не менѣе растворяются въ водныхъ растворахъ кислотныхъ окисловъ, соединяясь съ этими окислами и образуя соли; всѣ эти окислы причисляютъ къ разряду основныхъ окисловъ. Далѣе, есть и такіе окислы, которые въ водѣ не растворяются, но за то легко

образують соли при нагрѣваніи съ водными растворами основныхъ окисловъ; такіе окислы относять къ разряду кислотныхъ окисловъ. При всѣхъ этихъ химическихъ превращеніяхъ, конечно, принимають участіе въ реакціи опредѣленныя количества различныхъ окисловъ, и вѣсъ каждаго отдѣльнаго реагирующаго окисла всегда представляетъ кратное отъ молекулярнаго вѣса этого окисла (см. выше стр. 80); далѣе, общій вѣсъ всѣхъ продуктовъ этихъ реакцій въ точности равенъ суммѣ вѣсовъ всѣхъ опредѣленныхъ видовъ веществъ, принимающихъ участіе въ этихъ реакціяхъ.

Надо сказать, что есть и такіе окислы, которые не подходятъ ни къ одному изъ двухъ только что разсмотрѣнныхъ разрядовъ, напр. черная перекись марганца или обыкновенная вода. Впрочемъ, къ этимъ двумъ классамъ — кислотнымъ и основнымъ окисламъ—принадлежатъ по крайней мѣрѣ три четверти всѣхъ извѣстныхъ намъ окисловъ.

Позвольте теперь мнѣ для иллюстраціи реакцій кислотныхъ и основныхъ окисловъ описать болѣе подробно два-три такихъ примѣра.

Когда уголь горитъ въ избыткѣ воздуха или кислорода, то онъ постепенно исчезаетъ; если произвести это сжиганіе угля въ какомъ нибудь сосудѣ, потомъ налить въ сосудъ, гдѣ произошло горѣніе, немного воды и взболтать сосудъ, то окажется, что вода пріобрѣла явственно кислый, довольно пріятный вкусъ; при этомъ она получила способность измѣнять цвѣтъ различныхъ красящихъ веществъ (напр. синяго

лакмуснаго раствора) и, правда очень медленно растворять съ выдѣленіемъ водорода нѣкоторые металлы (далеко, однако же, не всѣ).

При горѣніи образовался углекислый газъ и растворился въ водѣ, образовавъ угольную кислоту. Если приготовить водный растворъ небольшого количества другого окисла, а именно окиси натрія, то полученный растворъ обладаетъ всѣми свойствами, которыя мы только что назвали характерными для основныхъ окисловъ; жидкость эта дѣйствительно есть ни что иное, какъ слабый натровый щелокъ. Углекислый газъ можно также получить, обливая куски мрамора хлористоводородной кислотой; если пропускать этотъ газъ въ водный растворъ основнаго окисла натрія до тѣхъ поръ, пока пузырьки газа не перестанутъ поглощаться жидкостью, затѣмъ осторожно сгустить растворъ выпариваніемъ на воздухѣ и, наконецъ, охладить его, то изъ раствора выпадетъ бѣлый кристаллическій порошокъ; подвергая этотъ порошокъ количественному анализу, мы увидимъ, что это— двууглекислый натрій (аптекарская сода, содовый порошокъ). Такимъ образомъ, соль—двууглекислый натрій —получилась при взаимодѣйствіи опредѣленныхъ количествъ газообразной углекислоты, которая представляетъ кислотный окиселъ, и окиси натрія, представляющаго типичный примѣръ окисла основнаго.

При растворенін въ водѣ нѣкотораго бѣлаго кристаллическаго соединенія, называемаго сѣрнымъ ангидридомъ, получается жидкость, обладающая всѣми свойствами растворовъ кислотныхъ окисловъ и при-

томъ въ чрезвычайно сильной степени. Эта жидкость сильно кислая, страшно ѣдкая и жгучая; она прожигаетъ дыры на сукнѣ и холстѣ, разъѣдаетъ кожу и тѣло, растворяетъ очень многіе металлы, часто безъ всякаго нагрѣванія, и энергично выдѣляетъ углекислоту изъ соды или мѣла. Если нагрѣть немножко этой жидкости и понемногу всыпать въ нее желѣзную ржавчину, которая, какъ мы знаемъ, состоитъ изъ желѣза и кислорода, то ржавчина мало по малу растворяется. Если продолжать прибавленіе ржавчины до тѣхъ поръ, пока въ жидкости не останется немного ржавчины, которая уже не будетъ растворяться, потомъ отфильтровать (отцѣдить) жидкость чрезъ бумажный фильтръ отъ нерастворимаго остатка, выпарить почти что до суха и оставить охладиться, то получится блѣдно-окрашенное желтовато-бурое твердое тѣло, которое не обнаруживаетъ ни одной реакціи, столь характерной для окисловъ, взятыхъ во взаимодѣйствіе. Количественный анализъ показываетъ, что это твердое тѣло образовалось изъ окиси желѣза (желѣзной ржавчины) и сѣрнаго ангидрида, а слѣдовательно по реакціи образованія должно быть отнесено къ класу солей.

Есть одна желтая соль, извѣстная подъ названіемъ хромовокислаго калія, находящая себѣ обширное приложеніе въ красильномъ дѣлѣ какъ въ чистомъ видѣ, такъ и въ видѣ матерьяла для полученія различныхъ другихъ красокъ. Соль эта представляетъ соединеніе кислотнаго краснаго окисла хрома и основнаго окисла калія. Самый распространенный минералъ, содержащій соединенія хрома,— это *хромистый желѣзнякъ*, главныя составныя части котораго окись желѣза и окиселъ хрома, такъ называемая зеленая окись хрома. Эта зеленая окись хрома—окиселъ основной; она содержитъ на одно и то же вѣсовое количество хрома гораздо меньше кислорода, чѣмъ красный кислотный окиселъ. Однако въ результатѣ цѣлаго ряда опытовъ оказалось, что красный кислотный окиселъ хрома нельзя получить прямымъ присоединеніемъ кислорода къ зеленому основному окислу; если же накаливать зеленую основную окись хрома при доступѣ воздуха въ присутствіи твердаго окисла калія (обыкновенно употребляютъ для этого твердое ѣдкое кали, которое состоитъ изъ кислорода, водорода и калія), прибавивши къ смѣси плавней, чтобы облегчить расплавленіе всей реагирующей массы, то при достаточно продолжительномъ нагрѣваніи зеленый основной окиселъ соединяется съ кислородомъ, который онъ беретъ изъ воздуха, и превращается въ красный кислотный окиселъ; въ то же самое время красный окиселъ хрома соединяется съ прибавленнымъ основнымъ окисломъ калія, и искомая соль—хромовокислый калій—готова.

Правда, мы не можемъ остановить процессъ на полпути, когда только что образовалась красная кислотная окись хрома, но это совсѣмъ не важно, потому что задача техника въ этомъ случаѣ состоитъ вовсе не въ изолированіи свободнаго кислотнаго окисла хрома, а въ приложеніи на практикѣ типич-

ной химической реакціи кислотныхъ и основныхъ окисловъ къ взаимодѣйствію этого окисла съ основнымъ окисломъ калія.

Изученіе химическихъ реакцій окисловъ, этого громаднаго класса соединеній, такъ близкихъ другъ къ другу по составу (вѣдь всѣ они состоятъ изъ соединенія кислорода съ какимъ нибудь другимъ элементомъ), привело насъ къ раздѣленію очень большого числа окисловъ на *окислы кислотные* и *окислы основные*. Далѣе, даже бѣглое изученіе химическихъ реакцій этихъ двухъ классовъ окисловъ сейчасъ же привело насъ отъ окисловъ къ новому классу соединеній, которыя мы назвали *солями*. Оказывается, что при нашихъ стараніяхъ уяснить себѣ реакціи различныхъ окисловъ, т. е. извѣстныхъ химическихъ соединеній кислорода мы пришли къ тѣмъ же выводамъ, которые были сдѣланы при нашихъ попыткахъ представить себѣ въ достаточной степени ясно реакціи нѣкоторыхъ соединеній водорода. При изученіи соотношеній между составомъ и свойствами большого класса соединеній водорода—кислотъ—мы нашли, что соли являются однимъ изъ продуктовъ взаимодѣйствія между водными растворами кислотъ и металлами. Теперь мы знаемъ, что соли также получаются и тогда, когда водный растворъ кислотнаго окисла вступаетъ во взаимодѣйствіе съ окисломъ основнымъ. Это обстоятельство побуждаетъ насъ изслѣдовать составъ тѣхъ окисловъ, которые являются основными; въ результатѣ этого изслѣдованія, какъ легко можно убѣдиться, оказывается, что основные

окислы являются окислами металловъ, т. е. элементовъ, сходныхъ во многихъ своихъ свойствахъ съ желѣзомъ, мѣдью, свинцомъ, оловомъ, серебромъ и золотомъ (сравните это съ тѣмъ, что было сказано о металлахъ въ послѣдней главѣ на стр. 112).

Но какого же рода элементы, соединяясь съ кислородомъ, даютъ кислотные окислы? Отвѣтъ на этотъ вопросъ даетъ намъ опытъ. Оказывается, что большая часть кислотныхъ окисловъ—это окислы элементовъ, которые рѣзко отличаются отъ металловъ и физически и химически, и наоборотъ являются сходными въ химическомъ отношеніи съ сѣрой, фосфоромъ, азотомъ и кислородомъ. Мы уже какъ-то (стр. 110) назвали эти элементы похожими на кислородъ; обыкновенно же ихъ группируютъ вмѣстѣ подъ именемъ *не-металловъ* или *металлоидовъ*.

Намъ остается еще разобрать два вопроса, которые непосредственно вытекаютъ изъ полученныхъ результатовъ и изъ сравненія ихъ съ тѣмъ, что мы узнали о кислотахъ и соляхъ, изучая соединенія водорода. Когда металлъ вступаетъ во взаимодѣйствіе съ кислотой, то образуется соль, и въ большинствѣ случаевъ выдѣляется водородъ; такимъ образомъ соль состоитъ изъ металла и элементовъ кислоты безъ водорода или, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, изъ извѣстной части только водорода (см. стр. 108); если же взять вмѣсто металла основной окиселъ, который представляетъ собой окись металла, и дѣйствовать имъ на водный растворъ кислотнаго окисла,

то образуется соль, но выдѣленія водорода или другого какого либо газа не замѣчается. Будетъ ли послѣ этаго взаимодѣйствія оставаться кислота въ водномъ растворѣ кислотнаго окисла? Когда основной и кислотный окислы дѣйствуютъ другъ на друга въ водныхъ растворахъ, то образуется-ли еще что нибудь кромѣ соли, а если образуется, то что именно? Эти два вопроса открываютъ широкое поле для изысканій, но мы здѣсь не можемъ входить въ ихъ разсмотрѣніе. Достаточно будетъ сказать, что почти во всѣхъ случаяхъ, когда кислотный окиселъ растворяется въ водѣ, дѣйствительно образуется кислота; при этомъ раствореніе сопровождается химическимъ взаимодѣйствіемъ между кислотнымъ окисломъ и водой; въ результатѣ этого взаимодѣйствія образуется кислота, состоящая изъ водорода (берется изъ воды), кислорода и того не металлическаго элемента, кислотныйокиселъ котораго растворяли въ водѣ. Наиболѣе правильное и вѣроятное представленіе объ измѣненіяхъ состава, которыя происходятъ, когда водный растворъ неметаллическаго окисла, т. е. другими словами водный растворъ кислоты—вступаетъ во взаимодѣйствіе съ основнымъ окисломъ, состоитъ въ слѣдующемъ: металлъ основного окисла вытѣсняетъ водородъ или часть водорода кислоты и, соединяясь съ другими элементами входящими въ составъ кислоты, образуетъ соль; въ то же время вытѣсненный изъ кислоты водородъ вступаетъ въ соединеніе съ кислородомъ основного окисла и образуетъ при этомъ, конечно, воду.

Изъ этого нашего весьма бѣглаго изслѣдованія химическихъ реакцій окисловъ можно сдѣлать еще одинъ общій выводъ.

Дѣло въ томъ, что химическія свойства этихъ соединеній до нѣкоторой степени зависитъ отъ общаго химическаго характера элементовъ, вступающихъ въ соединенія съ кислородомъ. Этотъ выводъ совершенно напоминаетъ намъ то заключеніе, къ которому мы пришли, изучая нѣкоторыя соединенія водорода; тамъ мы нашли, что химическія свойства водорода зависятъ отчасти (это въ дѣйствительности можетъ быть обусловлено и другими еще обстоятельствами) отъ общаго химическаго характера, а также и отъ относительнаго количества элементовъ, съ которыми водородъ вступаетъ въ соединеніе. И здѣсь также относительныя количества кислорода, вступающаго въ соединеніе съ другими элементами, могутъ вызвать появленіе кислотнаго или основного характера въ окислахъ этихъ элементовъ. Опыты показали, что кислотный или основной характеръ окисловъ безъ всякаго сомнѣнія вызывается различнымъ количествомъ заключаючающагося въ нихъ кислорода. Приведемъ всего два примѣра. Существуетъ окиселъ металла марганца, въ которомъ вѣсовыя количества марганца и кислорода относятся между собой какъ 1 къ $^1/_3$ (мы беремъ для простоты круглыя числа), и этотъ окиселъ является ясно основнымъ. Есть кромѣ этого еще одинъ окиселъ того же металла, но уже рѣзко кислотнаго характера; вѣсовыя количества марганца и кислорода, входящія въ его составъ, относятся

между собой, какъ 1: 1, если опять брать круглыя числа. Есть, напримѣръ, два окисла хрома, изъ которыхъ въ одномъ на одинъ и тотъ же вѣсъ хрома приходится ровно вдвое большій вѣсъ кислорода, чѣмъ въ другомъ; окиселъ, содержащій меньшее количество кислорода, основного характера, окиселъ же съ большимъ содержаніемъ—рѣзко кислотнаго.

Мы видимъ, что изученіе реакцій окисловъ приводитъ насъ къ изученію кислотъ, солей, метолловъ и металлоидовъ. Это изученіе ясно подтверждаетъ сказанное мною раньше, а именно то, что каждое химическое взаимодѣйствіе заключаетъ въ себѣ всю науку—химію. Я старался въ этой главѣ показать, въ чемъ именно состоятъ задачи химика, съ которыми ему приходится имѣть дѣло. Далѣе мнѣ хотѣлось также сдѣлать хотя краткій очеркъ тѣхъ методовъ, которыми химики пользуются для рѣшенія этихъ задачъ, и указать на нѣсколько главнѣйшихъ результатовъ, добытыхъ ими при помощи этихъ методовъ. Я закончу эту главу указаніемъ на тотъ фактъ, что изученіе соотношенія между составомъ тѣлъ и ихъ химическими реакціями и, какъ необходимое слѣдствіе его, изученіе соотношеній между измѣненіями состава и измѣненіями химическихъ реакцій является настоящей сутью всей химіи. Изученіе какого либо тѣла природы самого по себѣ, безъ всякаго отношенія къ другимъ тѣламъ, простымъ или сложнымъ, не входитъ въ задачу химика. Только тогда, когда начинается превращеніе, т. е. появленіе новыхъ тѣлъ, выступаетъ на сцену и химическая на-

ука. А такъ какъ главная характерная черта человѣческой жизни и есть измѣняемость и такъ какъ девять десятыхъ нашихъ занятій имѣютъ дѣло съ глубокими измѣненіями тѣлъ природы, то химія и является такой наукой. которая въ настоящее время тѣснѣйшимъ образомъ связана съ теперешней жизнью человѣчества.

ГЛАВА VII.

Составъ и свойства нѣкоторыхъ соединеній углерода.

Есть одинъ элементъ, число соединеній котораго гораздо больше, чѣмъ сумма всѣхъ соединеній всѣхъ другихъ элементовъ; этотъ элементъ—углеродъ. Алмазъ—это почти чистый углеродъ; деревянный уголь, графитъ, ламповая сажа, каменный уголь и коксъ— все это смѣси углерода съ различными другими веществами. Мясо (мускулы), кровь, кости, различныя ткани и другія части животнаго организма заключаютъ въ себѣ значительныя количества различныхъ соединеній углерода; точно также соединенія этого именно элемента входятъ въ составъ значительной части тѣла каждаго растенія. Большія количества какъ свободнаго, такъ и химически связаннаго углерода встрѣчаются въ земной корѣ; около 3 фунтовъ на каждыя 10.000 фунтовъ воздуха состоятъ изъ углекислоты—тоже соединенія углерода; это же газообразное соединеніе углерода находится въ растворенномъ состояніи почти во всякой водѣ: рѣчной, дождевой, морской и т. д. Кромѣ

того громаднаго числа различныхъ соединенiй углерода, которое разсѣяно во всей природѣ, въ лабораторiяхъ удалось искусственно приготовить нѣсколько больше сотни тысячъ другихъ соединенiй этого же элемента.

Свойства этихъ соединенiй углерода являются чрезвычайно разнообразными. Нѣкоторыя изъ нихъ твердыя тѣла, другiя жидкости, третьи, наконецъ, при обыкновенныхъ условiяхъ температуры и давленiя газообразны; точно также цвѣтъ и внѣшнiй видъ этихъ соединенiй настолько же разнообразны, насколько число ихъ велико. Всѣ, напримѣръ, анилиновыя краски - соединенiя углерода; хлопчатобумажный порохъ (пироксилинъ), нитроглицеринъ и составныя части всѣхъ сортовъ бездымнаго пороха тоже соединенiя углерода; ализаринъ (крапъ), индиго (кубовая краска), шафранъ, фернамбуковое и кампешевое дерево, кошениль—все это относится къ этому же классу; всѣ обычные сорта топлива—каменный уголь, дерево, торфъ, свѣтильный газъ, нефтяные остатки—все это смѣси соединенiй углерода; почти всѣ виды пищи, которую мы ѣдимъ, тоже представляютъ смѣсь соединенiй этого же элемента; наиболѣе характерныя составныя части всѣхъ почти нашихъ напитковъ—углеродныя соединенiя; очень значительное число лекарствъ, которыя мы принимаемъ во время болѣзни—смѣси этого класса соединенiй; всѣ или почти всѣ дурнопахучiе газы, выдѣляющiеся при гнiенiи мертваго растительнаго или животнаго организма, тоже содержатъ достаточное

количество углеродистыхъ соединенiй; запахъ духовъ и тонкiй букетъ (ароматъ) старыхъ дорогихъ винъ зависитъ отъ запаха и аромата соединенiй того же элемента—углерода. Химическiя реакцiи всѣхъ этихъ соединенiй поразительно многочисленны и поразительно разнообразны: нѣкоторыя соединенiя имѣютъ химическiй характеръ окисловъ, многiя другiя—кислотъ, третьи—солей; кромѣ того есть еще среди нихъ представители десятковъ классовъ соединенiй такого характера, которыя совсѣмъ не встрѣчаются среди соединенiй какого нибудь другого элемента. Изученiе соединенiй углерода чрезвычайно удобно для освѣщенiя основной и центральной задачи химiи, которая состоитъ, какъ уже не разъ мы говорили, въ изслѣдованiи соотношенiя между составомъ и химическими реакцiями тѣлъ.

Положимъ, что кто-нибудь, обладающiй нѣкоторыми общими свѣдѣнiями изъ области химическихъ превращенiй, хотя бы напримѣръ тотъ, кто прочелъ нашу книжку до этой главы, — положимъ, что онъ будетъ разсматривать перечень всѣхъ извѣстныхъ въ настоящее время соединенiй углерода, съ обозначенiемъ ихъ качественнаго состава; я вполнѣ увѣренъ, что первая мысль, которая придетъ ему на умъ, будетъ такая: „какое огромное число различныхъ веществъ можетъ образоваться отъ соединенiя такого небольшого числа различныхъ элементовъ“. Изъ этого перечня или списка станетъ яснымъ тотъ фактъ, что наибольшее число соединенiй углерода—въ настоящее время ихъ есть по крайней мѣрѣ тысячъ сто—

представляютъ соединенія этого элемента съ тремя другими — водородомъ, кислородомъ и азотомъ или съ двумя изъ этихъ трехъ элементовъ. Въ этомъ спискѣ мы найдемъ довольно значительное количество соединеній, содержащихъ хлоръ, бромъ, іодъ или сѣру въ соединеніи съ углеродомъ и съ однимъ или болѣе изъ тѣхъ трехъ элементовъ, которые мы перечислили нѣсколько выше; далѣе окажется въ спискѣ порядочное число тѣлъ, содержащихъ различные металлы и углеродъ въ соединеніи съ водородомъ, азотомъ и кислородомъ или двумя изъ этихъ трехъ элементовъ. Такимъ образомъ большая часть этого ряда соединеній оказывается соединеніями углерода съ двумя, а то и съ тремя другими элементами. Очевидно, что въ соединеніяхъ углерода мы имѣемъ богатѣйшій матерьялъ для изученія соотношенія между составомъ и химическими реакціями тѣлъ. Хотя количество соединеній углерода чрезвычайно велико и хотя всѣ эти соединенія даютъ самыя разнообразныя химическія реакціи, все же классификація этихъ соединеній на основаніи ихъ химическихъ реакцій опредѣленнѣе, нагляднѣе и поучительнѣе, чѣмъ классификація сравнительно небольшого числа соединеній другихъ элементовъ.

Каждое такое соединеніе обладаетъ присущимъ ему вполнѣ совершенно опредѣленнымъ и неизмѣняемымъ составомъ. Вѣсовыя количества элементовъ, соединившихся между собой для образованія этихъ соединеній, могутъ быть выражены атомными (пайными) вѣсами или цѣлыми кратными (обыкновенно

не особенно большими кратными) отъ пайныхъ вѣсовъ этихъ элементовъ. Для примѣра возьмемъ соединенія четырехъ элементовъ—углерода, водорода, кислорода и азота. Химическій знакъ или символъ перваго элемента—C, второго—H, третьяго—O и четвертаго—N; не надо забывать, что всѣ эти символы представляютъ кромѣ того и атомные (пайные) *вѣса* названныхъ элементовъ (числовыя значенія этихъ символовъ, въ круглыхъ числахъ, таковы: C=12, H=1, O=16 и N=14). Составъ всѣхъ соединеній этихъ элементовъ, которыя уже получены или могутъ быть получены, выражается одной общей формулой $C_a H_b O_c N_d$ *), причемъ a, b, c и d — цѣлыя числа. Если придавать этимъ указателямъ a, b, c и d числовыя значенія, хотя бы не болѣе десяти, то получится очень большое число (конечно, ни въ какомъ случаѣ не всѣ) соединеній, которыя всѣ представляютъ сочетанія углерода съ тремя другими элементами.

Каждое такое соединеніе характеризуется присущими ему особенными химическими реакціями, которыми оно и отличается отъ другихъ опредѣленныхъ видовъ матеріи; однако же надо замѣтить, что реакціи нѣкоторыхъ соединеній углерода настолько сходны, что они могутъ быть соединены въ одну группу; реакціи другихъ соединеній опять таки настолько

---

*) Единственное ограниченіе заключается въ томъ, что до сихъ поръ не удалось получить такого тѣла, состава $C_a H_b O_c N_d$, гдѣ сумма b и d была бы нечетнымъ числомъ; если b или d=0, то d соотв. b тоже четныя числа.

С. К.

сходны, что и ихъ можно разсматривать какъ отдѣльную, очень большую новую группу, и такъ далѣе.

Теперь мнѣ хотѣлось бы разсказать въ краткихъ словахъ о нѣкоторыхъ выводахъ, которые получаются при изученіи многихъ соединеній углерода, разсматриваемыхъ съ двойной точки зрѣнія. Я постараюсь изложить эти выводы такимъ образомъ, чтобы сами собой обнаружились и тѣ методы, при помощи которыхъ они были сдѣланы.

Для того чтобы соединить вмѣстѣ всѣ соединенія углерода и дать имъ общее названіе, обыкновенно называютъ ихъ *органическими соединеніями.* Однако же, два этихъ обозначенія — органическія соединенія и соединенія углерода — не всегда имѣли одно и тоже значеніе. Многія изъ соединеній, извѣстныхъ химикамъ прежнихъ временъ, добывались изъ веществъ растительнаго или животнаго происхожденія; эти вещества, какъ полученныя изъ органическаго міра, естественнымъ образомъ получили названіе органическихъ. А такъ какъ сто лѣтъ тому назадъ считали необыкновенно важнымъ особенно подчеркивать извѣстное различіе между живыми и мертвыми тѣлами природы, то тогдашніе химики обыкновенно утверждали, что элементы, изъ которыхъ состоятъ органическія вещества, существенно отличаются отъ тѣхъ, изъ которыхъ построены соединенія, находимыя въ минералахъ. Однако же, мало-по-малу накопилось довольно много анализовъ органическихъ соединеній; оказалось, что всѣ эти соединенія состоятъ изъ элементовъ, хорошо извѣстныхъ всѣмъ,

кто занимается изученіемъ минеральной химіи. Тогда стали говорить, что группировка элементовъ въ органическихъ соединеніяхъ должна существенно отличаться отъ группировки элементовъ въ тѣлахъ неорганическихъ, т. е. соединеніяхъ, полученныхъ изъ неорганическихъ веществъ. Если кто нибудь спрашивалъ: въ чемъ же собственно состоитъ существенное различіе между органическими и неорганическими соединеніями, то отвѣчали, что органическія соединенія образовались въ животныхъ и растеніяхъ подъ вліяніемъ особой „жизненной силы": эта „жизненная сила" совершенно неизвѣстна въ мірѣ неорганическомъ; когда начинается проявленіе дѣйствія этой „жизненной силы", то въ результатѣ всегда получаются тѣла, ничего общаго не имѣющія съ тѣми, которыя образуются подъ вліяніемъ другихъ причинъ.

Какъ всегда бываетъ, когда въ одно и тоже время высказываются различныя и при томъ совершенно неопредѣленныя представленія, такъ и по поводу „жизненной силы" возникъ горячій споръ. Этотъ споръ значительно улегся и скоро совсѣмъ затихъ послѣ того, какъ одинъ изъ великихъ нѣмецкихъ химиковъ—Велеръ (Wöhler) опубликовалъ въ 1828 году результаты цѣлаго ряда своихъ изслѣдованій. Есть одно соединеніе углерода, представляющее типичный продуктъ жизнедѣятельности многихъ животныхъ организмовъ, въ томъ числѣ и человѣка; это химическое соединеніе называется *мочевиной.* Въ 1828 году Велеру удалось приготовить мочевину изъ

соединеній минеральнаго происхожденія; если говорить языкомъ школы „виталистовъ“ (утверждающихъ, что „жизненная сила“ на самомъ дѣлѣ существуетъ), то выйдетъ, что Велеръ получилъ въ лабораторіи безъ всякаго участія „жизненной силы“ то соединеніе, которое до тѣхъ поръ образовывалось исключительно подъ вліяніемъ „жизненной силы“. Послѣ этого скоро стали получать въ лабораторіяхъ массу соединеній, которыя разсматривались раньше какъ вполнѣ опредѣленныя продукты дѣйствія „жизненной силы“, и прошло всего 20—30 лѣтъ, какъ „жизненная сила“ почти совершенно исчезла изъ области химіи *).

Затѣмъ органическая химія стала стремиться къ подысканію такого общаго выраженія для соотношенія между составомъ и свойствами соединеній углерода, которое оказывалось бы вѣрнымъ во всѣхъ частныхъ случаяхъ и которое могло бы, такъ сказать, подсказывать въ существенныхъ чертахъ главныя характерныя особенности такихъ соединеній, которыя еще будутъ получены. Съ тѣхъ поръ органическая химія значительно подвинулась впередъ на этомъ пути, но и въ настоящее время она еще очень далека отъ конечной своей цѣли.

---

*) Окончательно исчезло ученіе о необходимости „жизненной силы“ для образованія органическихъ соединеній только въ 60-хъ годахъ прошлаго XIX вѣка, когда французскій химикъ Бертло (M. Berthelot) получилъ цѣлый рядъ органическихъ соединеній, напр. спиртъ, муравьиную кислоту и т. д. прямо изъ элементовъ или изъ соединеній, которыя получаются прямымъ соединеніемъ элементовъ подъ вліяніемъ тепла, электричества и т. д. С. К.

Между самыми первыми, самыми неутомимыми и самыми смѣлыми дѣятелями въ органической химіи прежде всего надо упомянуть о Либихѣ (Liebig) и Дюма (Dumas),—объ этихъ двухъ великихъ людяхъ науки, славныя заслуги которыхъ всегда будутъ признаваться всѣми изслѣдователями природы. Когда въ 1867 году Дюма спросилъ Либиха, почему онъ перересталъ работать въ области соединеній углерода, Либихъ отвѣтилъ: „теорія замѣщенія это такой фундаментъ, на которомъ построятъ прекрасное зданіе и простые каменщики, а въ архитекторѣ долго не будетъ нужды“. Такимъ образомъ, по мнѣнію одного изъ крупнѣйшихъ творцовъ науки теорія замѣщенія была фундаментомъ всей органической химіи.

Понятіе о *замѣщеніи* было однимъ изъ наиболѣе важныхъ общихъ выводовъ, достигнутыхъ при изученіи органической химіи. Постараемся уяснить себѣ, что именно представляетъ это понятіе.

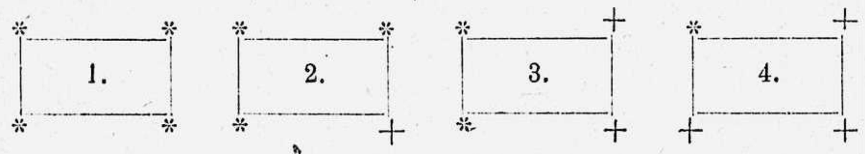
Образъ, который вызываетъ въ нашемъ умѣ слово „*замѣщеніе*“ въ томъ смыслѣ, въ какомъ оно употребляется химиками, оказывается очень сложнымъ. Въ словахъ, которыя я только что приводилъ, Либихъ уподобляетъ теорію замѣщенія фундаменту, на которомъ можетъ быть воздвигнуто химическое зданіе. Это образное представленіе по существу и должно явиться у химика-строителя. Но мы гораздо лучше разберемся въ этомъ понятіи, если станемъ изслѣдовать и обсуждать нѣкоторый рядъ органическихъ соединеній—частей этого зданія.

На одномъ изъ придворныхъ вечеровъ въ Тюильри, въ царствованіе Карла X, короля французскаго, восковыя свѣчи, которыя въ то время употреблялись для освѣщенія комнатъ, начали выдѣлять удушливые пары, причинившіе не мало непріятностей посѣтителямъ королевскаго вечера. Пригласили Дюма и просили его отыскать причину этого и найти средство избавиться отъ такого непріятнаго свойства восковыхъ свѣчей. „Какимъ образомъ получили такія бѣлыя свѣчи изъ желтоватаго воска“, спросилъ Дюма.—„Конечно, отбѣливаніемъ“. „Чѣмъ же отбѣливали этотъ воскъ?“—„Хлоромъ“. Дюма было хорошо извѣстно, что воскъ представляетъ смѣсь различныхъ соединеній углерода, водорода и кислорода; водородъ легко соединяется съ хлоромъ, образуя чрезвычайно удушливый газъ—хлороводородъ (растворъ его называется хлористо-водородной или соляной кислотой). Въ этомъ и могла заключаться возможная причина появленія удушливаго дыма или газа при горѣніи восковыхъ свѣчей. Если бы нѣкоторая часть хлора, употребляемаго для отбѣливанія воска, осталась въ воскѣ, то теплота, выдѣляющаяся при горѣніи свѣчи, могла послужить причиной химическихъ превращеній между хлоромъ и составными частями воска, и выдѣленіе хлористоводороднаго газа явилось бы вполнѣ возможнымъ. Дюма нашелъ, что удушливые пары, которые обезпокоили приглашенныхъ въ Тюильери гостей, содержали хлористоводородную кислоту; далѣе онъ нашелъ, что этотъ хлороводородъ образовался вслѣдствіе измѣне-

нія отъ нагрѣванія особеннаго соединенія углерода, водорода и хлора, образовавшагося изъ воска во время отбѣлки его хлоромъ. Такимъ образомъ и причина и способъ устраненія непріятнаго свойства отбѣленнаго воска были найдены. Воскъ нельзя бѣлить хлоромъ, потому что, если пользоваться хлоромъ, то часть этого газа всегда будетъ вступать въ химическое соединеніе съ составными частями воска; когда же такую свѣчу зажгутъ, то при нагрѣваніи этого соединенія начнутся новыя химическія превращенія, въ результатѣ которыхъ между прочими продуктами появится и хлористоводородный газъ.

Но Дюма не удовольствовался только этими выводами. Онъ началъ изслѣдовать тѣ именно реакціи, которыя происходятъ, когда хлоръ вступаетъ въ соприкосновеніе съ воскомъ; отсюда онъ перешелъ къ изученію взаимодѣйствій между хлоромъ и различными органическими соединеніями. Онъ нашелъ, что при многихъ этихъ реакціяхъ водородъ выходитъ изъ взятаго соединенія, а хлоръ вступаетъ въ соединеніе съ тѣми элементами, которые остаются; при этомъ образуются новыя соединенія, которыя, хотя и содержатъ хлоръ, но часто въ высшей степени напоминаютъ по своимъ химическимъ свойствамъ первоначально взятыя соединенія. Возьмемъ для примѣра нѣкоторые результаты изслѣдованій Дюма надъ реакціями хлора и уксусной кислоты (кислоты, отъ которой зависитъ запахъ и кислый вкусъ уксуса); эта кислота состоитъ изъ углерода, водорода и кислорода. Дюма нашелъ, что реакція

протекаетъ здѣсь въ трехъ стадіяхъ, и продуктомъ взаимодѣйствія хлора и кислоты въ каждой стадіи являются новая кислота, напоминающая уксусную по своему существенному химическому характеру, и хлористоводородный газъ. Дюма установилъ далѣе, что въ составъ каждой такой новой кислоты входятъ весь углеродъ, весь кислородъ и опредѣленная часть водорода изъ первоначально взятой уксусной кислоты, и кромѣ того опредѣленное количество хлора. Ему удалось установить, что между вѣсомъ водорода въ первоначально взятой кислотѣ, вѣсомъ водорода, вытѣсняемаго въ каждой стадіи превращенія хлоромъ, и вѣсомъ хлора, вступающаго въ соединеніе съ углеродомъ, кислородомъ и оставшимся водородомъ существуетъ весьма простое отношеніе, которое можетъ быть выражено слѣдующимъ образомъ: въ каждой стадіи реакціи между хлоромъ и уксусной кислотой одна четверть всего водорода уксусной кислоты удаляется и замѣщается хлоромъ, причемъ вмѣсто одной вѣсовой части водорода вступаетъ въ соединеніе 35,5 вѣсовыхъ частей хлора. Результаты опытовъ Дюма могутъ быть грубо выражены слѣдующими рисунками:



Эти рисунки изображаютъ составъ уксусной кислоты и трехъ кислотъ, получающихся при дѣйствіи на нее хлора; въ каждомъ случаѣ большіе квадраты представляетъ сумму вѣсовъ углерода и кислорода, входящихъ въ составъ частицы (частичнаго вѣса) каждой такой кислоты; эти количества во всѣхъ четырехъ кислотахъ остаются неизмѣнными. Маленькія звѣздочки представляютъ пайные вѣса водорода, а маленькіе крестики поставлены вмѣсто пайныхъ вѣсовъ хлора, причемъ предполагается, что пайный (атомный) вѣсъ хлора въ 35,5 разъ больше атомнаго вѣса водорода.

Если написать составъ этихъ четырехъ кислотъ обычными химическими символами, то получаются слѣдующія формулы:

1. $C_2H_4O_2$ = уксусная кислота.

2. $C_2H_3ClO_2$ 3. $C_2H_2Cl_2O_2$ 4. $C_2HCl_3O_2$.

Дюма говоритъ, что при этихъ химическихъ превращеніяхъ онъ *замѣщалъ* послѣдовательно водородъ уксусной кислоты хлоромъ, не нарушая ея общаго химическаго характера. Онъ изслѣдовалъ всѣ эти три кислоты, чтобы узнать, насколько они схожи по своему характеру съ уксусной кислотой, и потомъ назвалъ ихъ монохлоруксусной, дихлоруксусной и трихлоруксусной кислотой. Эти четыре соединенія, говоритъ Дюма, относятся къ одному и тому же типу или классу химическихъ соединеній. Выдѣленіе извѣстнаго вѣсового количества водорода и одновременно съ этимъ процессомъ замѣщенія водорода опредѣленнымъ вѣсомъ хлора не сопровождалось распаденіемъ всей постройки на отдѣльныя части. Этотъ процессъ замѣщенія чрезвычайно похожъ на то, когда мы удаляемъ изъ стѣнъ дома двѣ или три деревянныхъ бал-

ки или нѣкоторое количество кирпичей и замѣняемъ ихъ одной большой желѣзной балкой; стѣна дома или домъ не распадется на куски, если только продѣлать эту операцію съ достаточной осторожностью. Но, подобно тому, какъ при замѣнѣ при постройкѣ дома одного рода матерьяла другимъ всегда есть предѣлъ, дальше котораго идти нельзя, не рискуя сейчасъ же разрушить зданіе, точно также и химическое замѣщеніе не можетъ повторяться неопредѣленное число разъ. Въ только что разобранномъ случаѣ, кажется, что какъ будто бы есть возможность еще разъ повторить процессъ замѣщенія. Въ самомъ дѣлѣ, третья кислота (сравнимъ рисунокъ на стр. 158 и формулу на стр. 159)—трихлоруксусная содержитъ еще въ себѣ одну вѣсовую часть водорода. Нельзя ли также удалить и этотъ водородъ и замѣстить его соотвѣтствующимъ (35,5 разъ большимъ) вѣсомъ хлора? Однако, опыты показываютъ, что если повести реакцію уксусной кислоты съ хлоромъ дальше третьей стадіи, то она не идетъ; если же попробовать повысить при этомъ температуру или прибавить какого-нибудь вещества, способствующаго дѣйствію хлора, то образуются разные продукты, изъ которыхъ ни одинъ не обнаруживаетъ ни малѣйшаго сходства съ уксусной кислотой; значитъ, другими словами, здѣсь наступаетъ полное распаденіе нашего химическаго зданія на отдѣльныя части.

Во время процесса замѣщенія происходитъ слѣдующее: элементъ или группа элементовъ выступаютъ изъ соединенія, такъ что извѣстная часть химиче-

скаго зданія уходитъ прочь; въ это же время другой элементъ или группа элементовъ становится на освободившееся мѣсто, такъ что въ нашемъ зданіи свободное мѣсто замѣщается строительнымъ матерьяломъ совсѣмъ другого рода. Это новое химическое соединеніе не будетъ уже тѣмъ соединеніемъ, которое мы ввели въ реакцію, подобно тому какъ обновленная постройка отличается всегда хоть чѣмъ нибудь отъ стараго зданія; однако при этомъ оба соединенія все таки сходны между собой, подобно тому какъ оба зданія—и старое и новое—относятся къ одному и тому же типу или классу построекъ. Положимъ, мы хотимъ вмѣсто цѣлаго ряда мелкихъ окошекъ въ стѣнѣ магазина сдѣлать одно большое окно; для этого приходится удалить нѣсколько деревянныхъ балокъ, вывезти цѣлые возы мусора, щебня и щепокъ, потомъ замѣнить деревянныя подпорки однимъ желѣзнымъ рельсомъ; послѣ этой передѣлки нашъ магазинъ получитъ нѣсколько иной видъ, но все же останется магазиномъ. Такъ и при химическомъ замѣщеніи одного элемента другимъ какимъ нибудь элементомъ или цѣлой группой элементовъ не ведетъ непремѣнно къ полнѣйшему разрушенію общаго химическаго характера вещества, которое мы подвергли этому замѣщенію; напротивъ того очень часто вновь полученное соединеніе, не смотря на то, что оно подверглось реакціи замѣщенія, относится къ тому же химическому классу или типу соединеній, какъ и первоначально взятое. Однако же, надо имѣть въ виду, что если мы станемъ вырубать слишкомъ ши-

рокое окно въ стѣнѣ магазина, который мы хотимъ передѣлать, или же если мы слишкомъ много выберемъ изъ стѣны кирпичей, то можетъ случиться, что все зданіе рухнетъ чуть не на глазахъ у рабочихъ. Такимъ же образомъ и процессъ химическаго замѣщенія можетъ также перейти въ процессъ полнаго распаденія вещества; первоначальное соединеніе распадется, и изъ него образуются новыя тѣла, которыя будутъ кореннымъ образомъ отличаться отъ основного тѣла. Наконецъ, если мы благополучно продѣлали въ стѣнѣ подходящей величины отверстіе, вывезли мусоръ и кирпичи и приготовили мѣсто для новой большой балки, то это еще не все: надо на это мѣсто вложить прочную и крѣпкую балку, иначе новая балка не выдержитъ тяжести верхней части дома, и вся перестройка окажется неудачной. Совершенно такимъ же образомъ нельзя брать для замѣщенія въ химическомъ соединеній даннаго элемента другимъ любой другой элементъ или любую группу элементовъ; то, что будетъ замѣщать нашъ элементъ, должно быть въ извѣстномъ отношеніи „похоже на него химически“, иначе все наше химическое зданіе разлетится въ куски.

Разсмотримъ теперь нѣсколько случаевъ замѣщенія спеціально для того, чтобы получить болѣе ясное представленіе о томъ процессѣ, который Либихъ назвалъ фундаментомъ органической химіи. Если смѣшать обыкновенный винный спиртъ (алкоголь) съ купороснымъ масломъ (сѣрной кислотой), вылить смѣсь въ колбочку, соединенную съ холодильникомъ, нагрѣть эту смѣсь и понемножку капать въ нее спиртъ, то перегоняется жидкость, очень подвижная и легкая, пріятнаго запаха („Гофманскія капли“) — это такъ называемый эфиръ. Если эфиръ долгое время нагрѣвать съ водой (лучше всего запаявъ его въ трубку), то изъ него получится обратно алкоголь. Если нагрѣвать нѣкоторое время алкоголь съ уксусной кислотой (acidum aceticum—аптекарей), то получится жидкость чрезвычайно пріятнаго запаха („туалетный уксусъ“). Это такъ называемый уксусный эфиръ. Наконецъ можно при помощи разнобразныхъ реакцій перейти отъ алкоголя къ очень многимъ другимъ жидкимъ соединеніямъ, которыя всѣ обладаютъ болѣе или менѣе эфирнымъ запахомъ. Нельзя думать, что всѣ жидкости сходныхъ запаховъ непремѣнно сходны и въ химическомъ отношеніи; сходство запаховъ *можетъ иногда* дѣйствительно сопровождаться сходствомъ другихъ свойствъ и состава. Всѣ пріятно пахучія жидкости, полученныя въ результатѣ взаимодѣйствія между алкоголемъ и различными другими соединеніями, были очищены дробной перегонкой; полученныя жидкости, кипящія каждая при опредѣленной постоянной температурѣ, были подвергнуты количественному анализу; результаты анализовъ были выражены формулами, изъ которыхъ легко видѣть, сколько паевъ (единицъ атомнаго вѣса) каждаго элемента вошло въ то или другое соединеніе.

Мнѣ бы хотѣлось показать вамъ на примѣрѣ, какъ можно, исходя изъ результатовъ анализа, изобразить

составъ соединенія формулой, въ которую входятъ символы, обозначающіе различные элементы, входящіе въ составъ соединія и ихъ атомные вѣса. Возьмемъ алкоголь.

Анализы показываютъ, что процентный составъ этого соединенія такой:

Углерода . .	52,2%
Кислорода . .	34,8%
Водорода . .	13,0%
Сумма	100,0.

Атомный вѣсъ углерода—12, кислорода 16 и водорода 1. Алкоголь состоитъ изъ извѣстныхъ *цѣлыхъ* кратныхъ отъ атомныхъ вѣсовъ этихъ трехъ элементовъ. Сколько разъ надо повторить атомный вѣсъ, чтобы удовлетворялось слѣдующее уравненіе:

$$12 \times n : 16 \times m : 1 \times p = 52,2 : 34,8 : 13,0 ?$$

Здѣсь n=числу паевъ углерода, m=числу паевъ кислорода и p=числу паевъ водорода.

Чтобы рѣшить эту задачу, первымъ дѣломъ надо раздѣлить число, обозначающее вѣсовое количество элемента въ 100 вѣсовыхъ частяхъ соединенія на атомный вѣсъ элемента. Получаемъ слѣдующій результатъ:

$$\frac{52,2}{12} = 4,35 \text{ паевъ углерода.}$$

$$\frac{34,8}{16} = 2,17 \text{ паевъ кислорода.}$$

$$\frac{13,0}{1} = 13 \text{ паевъ водорода.}$$

Теперь надо привести полученные результаты къ цѣлымъ числамъ. Раздѣлимъ на самое меньшее число 2,17 (которое выражаетъ относительное число паевъ кислорода) всѣ остальныя числа. Тогда получамъ $\frac{4,35}{2,17} = 2,0$ и $\frac{13}{2,17} = 5,99$ т. е. почти точно 6.

Это значитъ, что каково бы ни было число паевъ кислорода, углерода будетъ всегда вдвое большее число паевъ, а водорода—вчетверо больше. Другими словами, эти три элемента соединяются для образованія спирта въ такомъ отношеніи, что на одинъ пай кислорода приходится два пая углерода и шесть паевъ водорода. Простѣйшая формула, которой можно выразить составъ этого соединенія будетъ C_2H_6O.

Результаты анализовъ другихъ пріятно пахнущихъ жидкихъ соединеній, получаемыхъ изъ алкоголя, были перечислены такимъ же способомъ. Въ концѣ концовъ получаются такія формулы: OC_2H_6—винный спиртъ, OC_4H_8—эфиръ, $O_2C_4H_8$—жидкость, получаемая нагрѣваніемъ алкоголя съ уксусной кислотой; $NC_2O_3H_5$—при нагрѣваніи алкоголя съ азотной кислотой; C_2ClH_5 образуется при нагрѣваніи алкоголя съ хлористоводородной (соляной) кислотой и, наконецъ, IH_5C_2—при нагрѣваніи алкоголя съ іодистоводородной кислотой.

Реакція образованія и многія другія реакціи этихъ соединеній устанавливаютъ довольно близкое сходство между ихъ химическими свойствами. Слѣдовательно, можно предположить, что и составъ ихъ

сходенъ. Но наши формулы въ такомъ видѣ не позволяютъ замѣтить какого либо сходства въ составѣ этихъ тѣлъ. Примѣнимъ къ нашимъ формуламъ то, что мы говорили о замѣщеніи. Дѣлать разныя замысловатыя догадки относительно того, какой элементъ станетъ на мѣсто другого элемента или какая группа элементовъ замѣстится другой, вовсе не годится. Представленіе о замѣщеніи будетъ правильно и полезно только тогда, когда мы тщательно изслѣдуемъ и систематизируемъ (приведемъ въ должный порядокъ) химическія реакціи цѣлаго ряда соединеній. Въ настоящемъ случаѣ мы и сведемъ въ одно всѣ главнѣйшіе результаты этихъ изслѣдованій.

Реакція образованія обыкновеннаго алкоголя и многія другія его реакціи въ извѣстномъ отношеніи оказываются весьма сходными съ реакціями ѣдкаго кали или натра. Мы знаемъ, что въ составъ ѣдкаго кали входятъ калій, кислородъ и водородъ, а—ѣдкаго натра—натрій, водородъ и кислородъ. Ѣдкое кали и ѣдкій натръ, вступая во взаимодѣйствіе съ кислотами, даютъ соли; напримѣръ, ѣдкое кали съ хлористоводородной (соляной) кислотой даетъ хлористый калій, а ѣдкій натръ съ азотной кислотой даетъ азотнокислый натрій (чилійская селитра). Далѣе, мы знаемъ, что ѣдкое кали образуется при дѣйствіи воды на окись калія, такъ что его поэтому и называютъ гидратомъ окиси калія (водной окисью). Также надѣйствуетъ вода и на окись натрія, причемъ образуется гидратъ окиси натрія или ѣдкій натръ. Если же алкоголь по своимъ химическимъ реакціямъ сходенъ съ ѣдкимъ кали или натромъ, то весьма вѣроятно, что онъ представляетъ соединеніе водорода и кислорода съ нѣкоторымъ элементомъ или группой элементовъ, химически сходной съ каліемъ или натріемъ; словомъ сказать, алкоголь вѣроятно долженъ представлять тоже гидратъ окиси. Если же теперь алкоголь признать гидратомъ окиси, то онъ долженъ реагировать съ кислотами, подобно другимъ гидратамъ окисей; кромѣ того должна быть такая окись, которая относится къ алкоголю такъ, какъ окись калія относится къ гидрату окиси калія (ѣдкому кали) или какъ окись натрія относится къ гидрату окиси натрія (ѣдкому натру). Формулы, которыми изображаются соотвѣтственно ѣдкое кали и ѣдкій натръ, таковы: KOH и $NaOH$.

Если алкоголь тоже гидратъ окиси, аналогичный по составу съ только что названными соединеніями, то формулу алкоголя C_2H_6O надо писать такъ, чтобы она ясно выражала составъ этого гидрата окиси. Этого можно достигнуть, написавши формулу алкоголя $(C_2\ H_5)\ OH$. Взгляните на эти двѣ формулы KOH и $(C_2\ H_5)\ OH$. Скобки, заключающія символъ $C_2\ H_5$ во второй формулѣ, показываютъ, что два атомныхъ вѣса углерода и пять атомныхъ вѣсовъ водорода прочно связаны другъ съ другомъ. Эти обѣ формулы можно сравнить между собой; одна изъ нихъ служитъ выраженіемъ состава гидрата окиси металла калія на особомъ языкѣ, который можно назвать языкомъ закона атомныхъ или пайныхъ вѣсовъ. Другая выражаетъ, на томъ же языкѣ, что мы имѣ-

емъ дѣло съ составомъ гидрата окиси особенной группы элементовъ, которая сама состоитъ изъ двухъ атомныхъ вѣсовъ углерода и пяти атомныхъ вѣсовъ водорода. Когда гидратъ окиси калія вступаетъ въ химическую реакцію съ уксусной кислотой, то образуется соль—уксуснокислый калій.

Если реакція алкоголя съ уксусной кислотой химически сходна съ той же реакціей ѣдкаго кали, то мы должны ожидать, что получится особенная соль, которая будетъ отличаться отъ уксуснокислаго калія тѣмъ, что на мѣстѣ калія въ ней будетъ находиться группа C_2H_5. Приведемъ формулы, которыя выражаютъ составъ этихъ двухъ продуктовъ:

Уксусный калій	Продуктъ дѣйствія уксусной кислоты на спиртъ (*уксусный эфиръ*).
$KC_2H_3O_2$	$(C_2H_5)\ C_2H_3\ O_2$

Составъ соединенія, полученнаго при нагрѣваніи обыкновеннаго алкоголя и уксусной кислоты, мы уже одинъ разъ выражали формулой $C_4H_8O_2$ (на стр.165). Теперь мы изобразили тоже соединеніе такой формулой $(C_2H_5)\ C_2H_3O_2$. Она тоже заключаетъ въ себѣ $C_4H_8O_2$, но болѣе понятна, потому что представляетъ, такъ сказать, формулу $C_4H_8O_2$ въ расчлененномъ или развернутомъ видѣ и можетъ ясно выразить сходство между химическими реакціями этого соединенія и реакціями уксуснокислаго калія.

Азотнокислый натрій образуется при химическомъ взаимодѣйствіи между гидратомъ окиси натрія (ѣдкимъ натромъ) и азотной кислотой. Формулы, ко-

торыми можно выразить составъ этой соли и составъ продукта реакціи алкоголя съ азотной кислотой, таковы:

Азотнокислый натрій	*Азотноэтиловый эфиръ* (продуктъ дѣйствія азотной кислоты на алкоголь)
$Na\ NO_3$	$(C_2H_5)NO_3$

Составъ хлористаго натрія и іодистаго калія съ одной стороны, и составъ продуктовъ взаимодѣйствія хлористоводородной и іодистоводородной кислотъ и алкоголя—съ другой,—выражается такими формулами:

Хлористый натрій	*Іодистый калій*	*Хлористый этилъ*)*	*Іодистый этилъ**)*
$Na\ Cl$	KJ	$(C_2H_5)\ Cl$	$(C_2H_5)J$

Наконецъ, составъ окиси натрія (или калія) и обыкновеннаго эфира***), понятенъ изъ слѣдующихъ формулъ:

Окись натрія	*Окись калія*	*Эфиръ*
Na_2O	K_2O	$(C_2H_5)_2O$

Теперь сдѣлаемъ слѣдующее: напишемъ рядомъ формулы, выражающія составъ различныхъ химическихъ соединеній, получаемыхъ изъ алкоголя,—съ одной стороны, и соотвѣтствующія имъ производныя ѣдкаго кали—съ другой. Это мы можемъ сдѣлать съ полнымъ правомъ, такъ какъ соотношенія между

---

*) Такъ называется продуктъ дѣйствія хлористоводродной кислоты на обыкновенный алкоголь.

**) Это тѣло получается при дѣйствіи іодистоводородной кислоты на обыкновенный алкоголь.

***) Въ аптекахъ его называютъ сѣрнымъ эфиромъ.

алкоголемъ и его производными совершенно сходны съ соотношеніями ѣдкаго кали и его производныхъ. Тогда получится такая табличка:

$(C_2H_5)OH$ *алкоголь.*	KOH *ѣдкое кали.*
$(C_2H_5)_2O$ *эфиръ.*	K_2O *окись калія.*
$(C_2H_5)_2Cl$ *хористый этилъ.*	KCl *хлористый калій.*
$(C_2H_5)I$ *іодистый этилъ.*	KI *іодистый калій.*
$(C_2H_5)NO_3$ *азотноэтиловый эфиръ.*	KNO_3 *азотнокаліевая соль.* (азотнокислый калій).
$(C_2H_5)C_2H_3O_2$ *уксусноэтиловый эфиръ.*	$KC_2H_3O_2$ *уксуснокаліевая соль* (уксуснокисл. калій).

Если сравнивать между собой два какихъ нибудь соединенія находящихся въ этой табличкѣ на одной горизонтальной линіи, то окажется, что они обладаютъ сходнымъ химическимъ характеромъ. А это указываетъ на то, что и составы ихъ въ извѣстномъ отношеніи сходны. Это сходство состава выражается очень легко такимъ образомъ: надо предположить, что извѣстное вѣсовое количество группы изъ двухъ элементовъ, выражаемое символомъ C_2H_5, можетъ замѣщать пайный вѣсъ калія. Эта группа C_2H_5 называется этильной группой или попросту—*этиломъ*; въ составъ ея входятъ два пайныхъ вѣса углерода (2×12) и пять пайныхъ вѣсовъ водорода (5×1). Конечно, водородъ и углеродъ соединены въ ней химически. Эта группа, какъ мы уже сказали, можетъ становиться на мѣсто одного пайнаго вѣса калія въ различныхъ соединеніяхъ, причемъ химическій характеръ этихъ соединеній въ общемъ мало измѣняется. Соединенія калія, написанныя въ нашей табличкѣ, совершенно не сходны съ соотвѣтствующими соединеніями этильной группы по своимъ *физическимъ* свойствамъ. Для примѣра можно привести, что всѣ эти соединенія калія—бѣлыя, безъ всякаго запаха—твердыя тѣла, а производныя этила, перечисленныя въ таблицѣ,—представляютъ безцвѣтныя, пріятнаго запаха жидкости. Но не смотря на это, соотвѣтственныя соединенія обоихъ рядовъ обнаруживаютъ настолько ясно выраженное сходство въ *химическомъ* отношеніи, что мы должны разсматривать ихъ какъ соединенія, принадлежащія къ одному и тому же химическому типу.

Разсужденія, которыми мы немножко занялись въ предыдущихъ параграфахъ, привели насъ къ тому, что мы признали возможнымъ замѣщеніе цѣлой группой элементовъ одного элемента въ какомъ нибудь соединеніи, причемъ соединеніе, которое мы подвергли такому замѣщенію, не претерпѣваетъ рѣзкаго измѣненія своего общаго химическаго характера. Это обобщеніе значительно выигрываетъ отъ принятія принципа замѣщенія. Правда, оно входитъ въ понятіе о замѣщеніи вообще какъ часть, но тѣмъ не менѣе оно представляетъ значительный шагъ впередъ по сравненію съ нашимъ прежнимъ представленіемъ о замѣщеніи, подъ которымъ мы подразумѣвали простую замѣну однимъ какимъ нибудь элементомъ мѣста другого. Такой группѣ элементовъ, которую можно, теоретически говоря, перемѣщать изъ одного сложнаго соединенія въ другое, не разрушая ея окончательно, даютъ особое названіе, а именно *сложный радикалъ*. Самое не-

сложное разсужденіе, по моему мнѣнію, покажетъ, что слово *теоретически* или другое какое нибудь равнозначное, непремѣнно должно быть введено въ выясненіи понятія о сложномъ радикалѣ. Сравнимъ соединенія элемента калія съ нѣкоторыми соединеніями сложнаго радикала этила. Соединенія калія можно подвергнуть разложенію и выдѣлить изъ нихъ металлическій калій въ свободномъ состояніи; далѣе, къ освобожденному, такимъ образомъ, калію мы можемъ присоединить другіе новые элементы и получать различные новыя соединенія калія. Соединенія же сложнаго радикала этила никакъ не удается подвергнуть такого рода разложенію, чтобы при этомъ, какимъ бы то ни было путемъ, получился свободный радикалъ этилъ; эта группа элементовъ—сложный радикалъ этилъ - не способна, какъ оказывается, существовать въ свободномъ состояніи. Точно также, конечно, нельзя получить и соединеній этила, на самомъ дѣлѣ присоединяя къ свободному этилу различные элементы, потому что, если можно такъ выразиться, сложный радикалъ этилъ не можетъ быть взятъ въ руки.

Сложный радикалъ, хотя бы этилъ напримѣръ, это просто теоретическое представленіе, которое признали химики только для того, чтобы быть въ состояніи ясно представить себѣ соотношеніе между сходствомъ свойствъ и сопровождающимъ его сходствомъ состава различныхъ сложныхъ тѣлъ. Принято это предположеніе (или гипотеза) о сложныхъ радикалахъ—и въ этихъ представленіяхъ о сходствѣ

видна стройность, ясность и порядокъ, а безъ гипотезы (научнаго предположенія) мы никакихъ правильностей не можемъ выразить. Самые факты показываютъ, что стройность и послѣдовательность несомнѣнно существуютъ; но все таки мы подыскиваемъ языкъ, которымъ можно ясно выразить существованіе этой послѣдовательности. Послѣ долгихъ и разнообразныхъ попытокъ намъ удалось, наконецъ, найти такой языкъ именно въ понятіи о сложномъ радикалѣ и въ допущеніи возможности замѣщенія сложными радикалами не только другихъ сложныхъ радикаловъ, но даже и элементовъ.

Если мы будемъ говорить о теоріи, которая даетъ намъ механическое представленіе о механизмѣ химическихъ реакцій, то увидимъ, что представленіе о сложныхъ радикалахъ сдѣлается болѣе яснымъ и болѣе точнымъ.

Органическая химія—это зданіе, фундаментомъ котораго служитъ понятіе о замѣщеніи; для того, чтобы еще болѣе укрѣпить этотъ фундаментъ, въ него вводятъ дополнительное понятіе—сложные радикалы.

Не надо думать, что приложеніе понятія о замѣщеніи и сложныхъ радикалахъ вызвало большой прогрессъ только въ области химической науки. Громадная и цвѣтущая химическая промышленность цѣликомъ основана на практическомъ приложеніи этихъ понятій. Изъ всѣхъ отраслей химической индустріи едва ли есть другая, достигшая такихъ огромныхъ размѣровъ, какъ производство анилиновыхъ красокъ.

У насъ эти анилиновыя краски часто называютъ „каменноугольными красками“, и поэтому-то довольно широко распространено мнѣніе, что эти красящія вещества находятся въ каменномъ углѣ (или въ каменноугольномъ дегтѣ), такъ что остается только выдѣлить ихъ изъ этого некрасиваго чернаго тѣла и подвергнуть надлежащей очисткѣ. Но это полнѣйшее недоразумѣніе. Когда изъ каменнаго угля получаютъ свѣтильный газъ, на ряду съ нимъ въ числѣ другихъ продуктовъ получается каменноугольный деготь (смола)—вязкая, липкая черная жидкость. При перегонкѣ этой смолы или дегтя въ числѣ другихъ продуктовъ получается легкая, безцвѣтная, слабо пахучая подвижная жидкость, которую называютъ *бензоломъ*. Если этотъ бензолъ обработать азотной кислотой (крѣпкой водкой), которая разбавлена нѣкоторымъ количествомъ крѣпкой сѣрной кислоты (купоросьнаго масла), то въ результатѣ получается тяжелая, слегка желтоватаяжидкость, съ запахомъ, грубо напоминающимъ запахъ горькихъ миндалей; это *нитробензолъ* или мирбановое масло. Если этотъ нитробензолъ нагрѣвать съ желѣзными опилками и уксусной или соляной кислотой, и потомъ перегнать съ избыткомъ извести, то перегоняется *анилинъ*, почти безцвѣтная, тоже тяжелая жидкость, слабаго, довольно непріятнаго запаха. Составъ ея можно выразить формулой $(C_6H_5)NH_2$. Сложный радикалъ—C_6H_5—называютъ фениломъ. Замѣщая водородъ анилина въ сложномъ радикалѣ фенила другими сложными радикалами, получаютъ громадное

число новыхъ сложныхъ соединеній, изъ которыхъ многія представляютъ краски. Кромѣ того можно получать вещества съ красящими свойствами, замѣщая различными сложными радикалами одинъ или два пайныхъ вѣса водорода, не входящаго въ составъ сложнаго радикала фенила, изъ котораго построена сама формула анилина. Далѣе надо замѣтить, что нѣкоторыя производныя анилина, полученныя путемъ замѣщенія водорода сложными радикалами, въ свою очередь могутъ вступать въ реакцію съ другими тѣлами и давать болѣе сложныя соединенія, причемъ всегда дѣло происходитъ такимъ образомъ: опредѣленное количество пайныхъ вѣсовъ водорода или другого какого нибудь элемента удаляется, а на ихъ мѣсто вступаетъ опредѣленное количество болѣе или менѣе сложныхъ радикаловъ. Такимъ образомъ мы все больше и больше увеличиваемъ число этихъ новыхъ соединеній, пользуясь при этомъ почти во всѣхъ случаяхъ процессомъ замѣщенія; соотношеніе между однимъ соединеніемъ и другими можетъ быть иногда чрезвычайно сложнымъ, но чрезъ всѣ эти сложнѣйшія превращенія проходитъ красной нитью принципъ замѣщенія, который состоитъ въ томъ, что группа элементовъ можетъ быть введена въ химическое соединеніе на мѣсто другой группы или даже одного только элемента, безъ существеннаго нарушенія основнаго общаго характера этого соединенія.

Безъ сомнѣнія, по мѣрѣ того, какъ росло число соединеній, которыя мы назвали замѣщенными ани-

линами, увеличивалось и число вспомогательныхъ гипотезъ, при помощи которыхъ старались опредѣлить взаимныя отношенія этихъ соединеній другъ къ другу. Основнымъ и руководящимъ же принципомъ всегда оставалось понятіе о замѣщеніи. Когда химики стараются замѣстить ту или другую группу въ химическомъ соединеніи какой нибудь новой группой, то они, конечно, не дѣлаютъ этого наудачу, а руководствуются при этихъ замѣщеніяхъ точными и вполнѣ изученными количественными опытами, причемъ всегда сопоставляютъ измѣненія свойствъ съ измѣненіемъ состава. Постепенное замѣщеніе однихъ группъ другими и постоянное сравниваніе красящихъ свойствъ полученнаго новаго тѣла съ свойствами краски, взятой въ видѣ основного вещества, естественнымъ образомъ позволяетъ химикамъ предполагать, что мы можемъ получать изъ взятаго красящаго вещества новую краску болѣе яркаго или иначе выраженнаго тона: стоило бы только измѣнить замѣщающій радикалъ или даже, быть можетъ, повести нѣсколько дальше начатое замѣщеніе тѣмъ же самымъ радикаломъ. Дѣлали соотвѣтствующіе опыты, и въ дѣйствительности получается краска новаго оттѣнка, которая, въ свою очередь, можетъ служить основаніемъ для спеціальныхъ опытовъ съ цѣлью полученія новыхъ красящихъ веществъ.

Очевидно, что процессы подобнаго рода можетъ производить только тотъ, кто уже подробно изучилъ, экспериментально и теоретически, эту широкую область

химическихъ изысканій. Для этого необходимо, чтобы химикъ, приступающій къ такого рода работѣ, могъ совершенно легко разбираться въ сложныхъ процессахъ замѣщенія среди производныхъ анилина, —а такихъ производныхъ намъ извѣстно въ настоящее время тысячи,—въ противномъ случаѣ для него будетъ совершенно немыслимо добиться полученія новаго красящаго вещества. Въ самомъ дѣлѣ, ему пришлось бы и сравнивать измѣненія оттѣнковъ извѣстныхъ уже красокъ въ связи съ измѣненіемъ ихъ состава, и предугадывать теоретически составъ краски того именно оттѣнка, какой ему хочется получить, и, наконецъ, приступать къ практическому выполненію сдѣланнаго предположенія. Поручать кому нибудь подобнаго рода работу, не будучи увѣреннымъ въ его подготовленности, это все равно, что поручить кому нибудь, кому немного знакомо обращеніе съ кирпичами и цементомъ, снять крышу съ большого дома, замѣнить теперешній верхній рядъ окошекъ въ боковой стѣнѣ меньшимъ числомъ болѣе широкихъ оконъ, надстроить стѣну на нѣсколько футовъ и затѣмъ снова покрыть домъ новой крышей. Всякаго, кто поручилъ бы не спеціально подготовленному человѣку произвести перестройку дома въ такомъ родѣ, какъ я только что сказалъ, конечно, назвали бы глупцомъ. Однако же дѣлали сотни разъ попытки получать гораздо болѣе сложныя задачи изъ области химическихъ построеній такимъ людямъ, которые утверждали, что самая маленькая практическая подготовка стоитъ громадной теорети-

ческой. Было время, когда производство анилиновыхъ красокъ, да и всѣхъ относящихся къ нимъ красящихъ веществъ, сосредоточивалась въ Англіи. Въ настоящее время этотъ родъ промышленности отошелъ къ Германіи, единственно оттого, что нѣмецкіе фабриканты были или сами хорошо подготовленными химиками или же могли ясно представить себѣ, что задачи, лежащія въ основаніи всего производства, слишкомъ сложны для того, чтобы ихъ можно было поручать неподготовленному или не научно образованному химику. Чтобы воспользоваться тѣми выгодами, которыя представляетъ фабрикація анилиновыхъ красокъ, надо прежде всего основательно ознакомиться съ принципами, на которыхъ она построена, а именно сначала основательно и подробно изучать теоретически въ аудиторіяхъ и практически въ лабораторіяхъ, общую химію, потомъ органическую химію, какъ спеціальную отрасль этой науки, и, наконецъ, приступить къ спеціальному изученію химіи анилина, его производныхъ и связанныхъ съ ними соединеній—какъ отдѣльной вѣтви органической химіи. Кромѣ того, производство анилина—это по истинѣ химическое производство, а для всякой отрасли химіи—характерно постоянное измѣненіе. Образцы, которые прекрасно удовлетворяютъ всѣмъ требованіямъ сегодня, не найдутъ спроса завтра. Мода на извѣстныя краски мѣняется постоянно, и фабрикантъ, который можетъ предложить купцамъ небольшой выборъ сортовъ красокъ, скоро принужденъ будетъ вовсе закрыть свою фабрику.

Есть еще одна область прикладной химіи, въ которой правильное и систематическое приложеніе принципа замѣщенія привело къ удивительнымъ результатамъ; это—производство новыхъ цѣлебныхъ средствъ съ опредѣленными свойствами. Для примѣра возьмемъ хотя бы нѣкоторыя изъ недавно вошедшихъ въ употребленіе противулихорадочныхъ средствъ. Изученіе реакцій хинина и реакцій нѣкоторыхъ соединеній полученныхъ изъ хинина при извѣстныхъ вполнѣ опредѣленныхъ условіяхъ, привело къ установленію строго опредѣленныхъ соотношеній между присутствіемъ опредѣленныхъ сложныхъ радикаловъ, связанныхъ между собою опредѣленнымъ образомъ, и наличностью противулихорадочныхъ свойствъ. Хотя изученіе этихъ соотношеній не дало еще возможности химикамъ составить самый хининъ, но за то позволило имъ, комбинируя въ опредѣленномъ порядкѣ различные сложные радикалы, получить вещества, характеризующіяся замѣчательной способностью дѣйствовать на температуру человѣческаго тѣла. Одно изъ этихъ веществъ—*антипиринъ*, а другое—*фенацетинъ*. Конечно, въ такой небольшой книжкѣ, какъ наша, нельзя и пытаться объяснить структуру (химическое строеніе) этихъ соединеній, такъ какъ это объясненіе пришлось бы выражать такимъ языкомъ, который понятенъ только вполнѣ подготовленному химику. Поэтому достаточно только сказать, что оба эти соединенія построены путемъ накопленія различныхъ сложныхъ радикаловъ на азотистомъ основаніи и что всѣ

эти радикалы распредѣлены строго опредѣленнымъ образомъ по отношенію другъ къ другу. Но въ какомъ же порядкѣ надо начинать постройку въ этихъ двухъ частныхъ случаяхъ? Почему извѣстнаго сорта кирпичи, т. е. въ данномъ случаѣ опредѣленные сложные радикалы—должны быть употреблены раньше другихъ и положены въ основаніе? Отвѣтъ на эти вопросы можетъ дать изученіе реакцій тѣлъ, обладающихъ свойствами въ родѣ тѣхъ, которыя желательно придать нашему новому соединенію; эти основныя тѣла, возможно, получались бы при разложеніи необходимаго намъ соединенія на ближайшія составныя части, т. е. на составляющіе его сложные радикалы. Для этого мы расчленяемъ на части постройки съ свойствами желательнаго намъ рода; затѣмъ изучаемъ очень тщательно природу, т. е. составъ и свойства получаемыхъ такимъ образомъ частей; далѣе отмѣчаемъ взаимное расположеніе частей первоначальной постройки и, наконецъ, составляемъ подобнаго же рода постройку изъ извѣстныхъ уже частей. При этомъ весьма часто удается соорудить химическую постройку съ заранѣе намѣченными свойствами.

Однако, вѣдь мы говорили раньше (смотри стр. 172), что эти весьма сложные химическіе кирпичи, называемые сложными радикалами, нельзя получить въ свободномъ состояніи, а между тѣмъ я только что говорилъ о расщепленіи химическаго соединенія на составляющіе его сложные радикалы: оба раза мы высказались совершенно вѣрно. Дѣло въ томъ,

что во время процесса расщепленія химическаго соединенія сложные радикалы никогда не получаются въ свободномъ видѣ, а всегда въ соединеніи съ другими какими нибудь тѣлами или радикалами; значитъ, получаются соединенія сложныхъ радикаловъ, и существованіе радикаловъ въ этихъ соединеніяхъ мы доказываемъ реакціями этихъ соединеній. Вотъ это-то опредѣленіе сложныхъ радикаловъ, которые остаются скрытыми въ продуктахъ расщепленія, и дѣлаетъ такимъ труднымъ производство химической строительной работы по опредѣленному плану. Химикъ, которому желательно получить синтетически („построить изъ кирпичей") такое сложное соединеніе какъ напр. антипиринъ, долженъ обладать необыкновенно живымъ и яснымъ воображеніемъ; онъ долженъ постоянно видѣть предъ собой внутренее строеніе зданій, которыя онъ намѣревается скопировать, хотя бы ему и нельзя было получить въ отдѣльномъ (изолированномъ) состояніи тѣ химическіе кирпичи, которые ему существенно необходимы для возведенія постройки. Въ самомъ дѣлѣ, ему приходится класть кирпичи на рѣшетины, (примѣчаніе см. стр.) у которыхъ довольно странное свойство: когда кирпичъ кладутъ на рѣшетину, и кирпичъ и рѣшетина появляются на свѣтъ, хотя бы обѣ эти части отсѣльно и не были способны къ долгому и прочному дуществованію. Когда же онъ кладетъ кирпичъ на мѣсто, то кирпичъ сейчасъ же исчезаетъ внутри зданія, хотя бы до этого кирпичъ совершенно ясно ощущался строителемъ. Химикъ знаетъ только, что кир-

ничъ тамъ, постоянно убѣждаясь въ этомъ по различному стуку молотка, до тѣхъ поръ пока не будетъ положенъ на свое мѣсто послѣднiй камень постройки. Затѣмъ, когда онъ начинаетъ отыскивать рѣшетины, на мѣсто которыхъ онъ могъ бы положить еще кирпичи, то часто видитъ, что рѣшетины исчезли совсѣмъ, и химику тогда приходится вмѣсто нихъ устраивать себѣ другiя.

Прiемы химическаго синтеза (постройки изъ отдѣльныхъ частей), по крайней мѣрѣ въ болѣе утонченныхъ случаяхъ по большей части гораздо сложнѣе, чѣмъ въ томъ примѣрѣ, который я привелъ, чтобы показать вамъ, какъ совершается такая постройка.

Химикъ все время работаетъ съ воображаемыми строительными матерьялами. Правда, элементы являются опредѣленными видами матерiи, которые можно осязать, брать въ руки, сочетывать вмѣстѣ и разъединять; однако же при возведенiи сложныхъ построекъ въ области органической химiи приходится имѣть сравнительно мало дѣла съ отдѣльными элементами. Здѣсь основными частями зданiя и строительными матерьялами являются группы элементовъ; изъ этихъ же строительныхъ матерьяловъ,—частей будущаго зданiя химикъ рѣдко-рѣдко можетъ вполнѣ сознательно и опредѣленно взять въ руки какую-нибудь отдѣльную группу. Онъ можетъ только догадываться о томъ, что эти группы существуютъ въ химически сложномъ тѣлѣ, да и то только потому что никакая другая гипотеза (предположенiе) не приведетъ сама собой къ допущенiю возможности су-

ществованiя въ химической постройкѣ сгруппированныхъ въ извѣстномъ порядкѣ частей. Въ самомъ дѣлѣ, только послѣдовательность въ примѣненiи свойствъ различныхъ химическихъ соединенiй и заставляетъ его предполагать извѣстную послѣдовательность и правильность въ расположенiи составныхъ частей.

Такимъ образомъ гипотезы служатъ химику путеводнымъ огнемъ; знанiя однихъ фактовъ для него совершенно недостаточно, и химику приходится допустить новую гипотезу, выраженную особеннымъ символическимъ языкомъ, благодаря которому просто устанавливается употребленiе такихъ отвлеченныхъ представленiй, какъ *замѣщенiе* и *сложные радикалы*. Несомнѣнно, что принятая гипотеза придаетъ наблюдаемымъ фактамъ большую ясность и точность; но и сами эти качества еще больше выигрываютъ отъ принятiя еще одной новой гипотезы, именно, отъ признанiя возможности существованiя въ химическихъ соединенiяхъ *атомовъ и молекулъ*. Эта гипотеза вызвана необходимостью, и особенно искусственнаго въ ней ничего нѣтъ. Лабораторiя охраняетъ химiю отъ искусственности; этому способствуетъ постоянное обращенiе съ кислотами, щелочами и солями, съ дурно пахучими и ароматными опредѣленными веществами; этому способствуетъ также и постоянная работа съ холодильниками и перегонными аппаратами, колбами, стаканами, измѣрительными сосудами и вѣсами; такая работа, по истинѣ, ставитъ химiю на прочную почву, потому

что она даетъ полную и ясно выраженную реальность той самой наукѣ, которая постоянно сталкивается съ отвлеченными представленіями о составѣ тѣлъ и ихъ свойствахъ, и которая поэтому принуждена бываетъ облекать эти представленія въ образы символическаго языка.

ГЛАВА VIII.

Атомъ и молекула.

Спеціальная задача химіи состоитъ въ установленіи точно опредѣленныхъ соотношеній между составомъ и свойствами химическихъ соединеній. Составъ соединеній выражается перечисленіемъ качества и количества элементовъ, которые соединились между собой для образованія этого соединенія и которыя въ свою очередь могутъ быть получены путемъ расщепленія этихъ соединеній. Эти количественныя и качественныя отношенія соединившихся между собой элементовъ обыкновенно выражаются при помощи пайныхъ или атомныхъ вѣсовъ. Мы уже говорили въ предыдущей главѣ, что извѣстныя соотношенія между нѣкоторыми химическими свойствами многихъ химическихъ соединеній могутъ быть предугаданы по формуламъ, которыя выражаютъ составъ этихъ соединеній; для этого надо было сдѣлать только одно допущеніе, а именно, что извѣстныя группы элементовъ относятся совершенно, какъ элементы, т. е. эти группы или, какъ мы ихъ называли, сложные радикалы могутъ быть замѣщены или другими группами или просто элементами, причемъ общій химическій характеръ взятаго соединенія не претерпѣваетъ какихъ либо рѣзкихъ измѣненій. Этотъ результатъ можетъ быть выраженъ и такимъ образомъ: первоначальное наше представленіе о составѣ сложнаго тѣла, которое сводилось къ знанію количествъ индивидуальныхъ (отдѣльныхъ) элементовъ, должно быть нѣсколько расширено, а именно въ него надо ввести представленіе о сложныхъ радикалахъ, которые являются составными частями соединеній. Это является прямо необходимымъ для того, чтобы можно было ясно представить себѣ, въ какой мѣрѣ наблюдаемыя свойства различныхъ химическихъ соединеній, и въ особенности соединеній углерода, находятся въ строго опредѣленной зависимости отъ химическаго состава этихъ соединеній.

Возвратимся теперь къ первому синтезу (построенію) соединенія, считавшагося тѣломъ спеціально органическаго происхожденія, изъ веществъ, добытыхъ изъ неорганическихъ источниковъ.

Вернемся, значитъ, къ синтезу мочевины, произведенному Велеромъ въ 1828 году (смотри стр. 153). Вещество, изъ котораго Велеръ непосредственно получилъ мочевину, представляетъ особенную соль — такъ называемый *ціановокислый аммоній*. Мочевина и ціановокислый аммоній — два совершенно различныхъ, по всѣмъ своимъ физическимъ и химическимъ свойствамъ, вещества. Несмотря на это, элементарный составъ этихъ двухъ соединеній совершенно одинаковый. Каждое соединеніе содержитъ 46,66

процентовъ азота, 26,67 процентовъ кислорода, 20,0 процентовъ углерода, и 6,67 процентовъ водорода: составъ каждаго изъ нихъ можетъ быть выраженъ N_2OCH_4. Но свойства этихъ двухъ соединеній отличаются другъ отъ друга самымъ рѣзкимъ образомъ; они относятся къ совершенно различнымъ классамъ химическихъ соединеній. Нѣкоторое указаніе на возможность объясненія этого явленія мы можемъ, по всему вѣроятію, найти въ приложеніи къ нему ученія о сложныхъ радикалахъ. Можно ли предположить, что ціановокислый аммоній образовался отъ сочетанія совершенно не тѣхъ группъ элементовъ, изъ которыхъ образовалась мочевина? Прежде чѣмъ отвѣтить на этотъ вопросъ, мы должны составить себѣ болѣе ясное представленіе о взаимномъ сочетаніи элементовъ и группъ элементовъ, чѣмъ то, которое мы теперь имѣемъ.

Единственный способъ, при помощи котораго мы можемъ достигнуть такого болѣе яснаго представленія, состоитъ въ томъ, что мы придумываемъ новую гипотезу (научное предположеніе), касающуюся механизма химическихъ реакцій.

Во всѣхъ предыдущихъ главахъ мы употребляли выраженіе „химическая постройка“ или „возведеніе химическаго зданія“ изъ отдѣльныхъ частей; если мы внимательно разберемъ эти и имъ подобныя выраженія, то окажется, что мы, не говоря объ этомъ особеннно, принимали за вѣрное предположеніе, что каждое простое или элементарное тѣло состоитъ изъ маленькихъ, но вполнѣ опредѣленныхъ частичекъ

вещества, причемъ всѣ они обладаютъ свойствами того же элементарнаго тѣла. Мы употребляли это наглядное сравненіе сначала только для того, чтобы пролить хотя бы нѣкоторый свѣтъ на ходъ химическихъ построеній, т. е. считали его какъ будто бы только образнымъ выраженіемъ. Теперь надо сказать, что это сравненіе элементовъ съ кирпичами было проведено съ той цѣлью, чтобы сказать, какъ это мы отчасти и сдѣлали, что всѣ виды однородныхъ веществъ обладаютъ какъ бы зернистымъ, а не студенистымъ строеніемъ. Вотъ теперь мы и изслѣдуемъ этотъ вопросъ о строеніи опредѣленныхъ видовъ вещества болѣе подробно.

Въ началѣ прошлаго девятнадцатаго вѣка—въ Манчестерѣ жилъ квакеръ благороднаго происхожденія, по имени Джонъ Дальтонъ (правильнѣе читать Дòлтонъ). Онъ занималъ скромное мѣсто школьнаго учителя и въ то же время долженъ былъ для пополненія заработка давать уроки математики и естественной исторіи. Въ то же время онъ много занимался чисто научными изысканіями и сдѣлалъ очень много цѣнныхъ открытій и наблюденій надъ давленіемъ газовъ, расширеніемъ газовъ отъ нагрѣванія и растворимостью газовъ въ различныхъ жидкостяхъ. Какъ человѣкъ съ живымъ воображеніемъ, во всемъ томъ, что касалось наиболѣе интересовавшихъ его научныхъ вопросовъ, Дальтонъ имѣлъ обыкновеніе не ограничиваться изслѣдованіемъ съ одной внѣшней стороны, а проникалъ своимъ, такъ сказать, умственнымъ взоромъ до самой глубины

строенія газовъ, которые составляли предметъ его научныхъ изысканій. Онъ говоритъ: „въ моемъ воображеніи сосудъ, наполненный какой нибудь чистой эластической жидкостью (такъ тогда называли газы) представляется мнѣ наполненнымъ чѣмъ-то въ родѣ мелкой дроби“. Однако Дальтонъ не ограничился только тѣмъ, что составилъ себѣ ясное представленіе о строеніи газовъ, кототорое явилось результатомъ его отвлеченныхъ размышленій; онъ постарался сблизить и согласить это воображаемое строеніе съ многими фактами, въ дѣйствительности наблюдаемыми у газовъ. Такъ онъ нашелъ, на основаніи какъ своихъ собственныхъ опытовъ, такъ и опытовъ произведенныхъ другими, что при одной и той же температурѣ и давленіи вода растворяетъ разные объемы различныхъ газовъ; онъ объяснялъ это тѣмъ, что частички различныхъ газовъ, на подобіе мелкихъ дробинокъ, проникаютъ между частичками воды и растворяются въ ней до тѣхъ поръ, пока для нихъ есть свободное мѣсто, что обусловливается, конечно, давленіемъ и температурой. Но почему же, спрашивалъ онъ самъ себя, если это представленіе о газахъ вѣрно, почему же вода не растворяетъ всѣ газы въ одинаковой степени, если температура и давленіе будутъ для всѣхъ различныхъ газовъ одинаковы? На этотъ вопросъ Дальтонъ далъ отвѣтъ, имѣющій громадное значеніе для химіи: „я почти убѣжденъ, что это различіе зависитъ отъ вѣса и числа самыхъ мельчайшихъ частичекъ, изъ которыхъ состоитъ газъ; однѣ изъ нихъ, будучи самыми

легкими и простыми,—растворяются съ трудомъ, другія же, какъ разъ, тѣмъ легче растворяются, чѣмъ больше возрастаютъ ихъ сложность и вѣсъ“. И къ этому отвѣту онъ присоединилъ еще одно положеніе, которое оказалось гораздо болѣе важнымъ для дальнѣйшихъ успѣховъ и развитія химической науки, чѣмъ самый отвѣтъ: „Изслѣдованія надъ опредѣленіемъ относительныхъ вѣсовъ мельчайшихъ частичекъ тѣлъ, насколько мнѣ извѣстно, являются совершенно новой задачей. Мнѣ удалось впервые произвести эти изслѣдованія, и съ совершенно неожиданнымъ замѣчательнымъ успѣхомъ. Въ этомъ сообщеніи я не могу входить въ изложеніе пріемовъ на основаніи которыхъ произведено изслѣдованіе, но я за то могу сообщить теперь же результаты, по крайней мѣрѣ тѣ, которые, какъ кажется, подтверждаются моими опытами“. Дальтонъ прилагаетъ къ этому „*таблицу относительныхъ вѣсовъ мельчайшихъ частичекъ газообразныхъ и другихъ тѣлъ*“. Этотъ списокъ представляетъ собой первый примѣръ того, что мы теперь называемъ „*таблицей атомныхъ вѣсовъ*“.

Когда Дальтонъ представлялъ себѣ, что „сосудъ, наполненный газомъ напоминаетъ сосудъ, наполненный мелкой дробью“, то онъ въ сущности повторилъ то, что утверждали греческіе философы за 2500 лѣтъ до него; но когда онъ сопоставилъ опредѣленныя и подлежащія измѣренію явленія съ неодинаковостью вѣсовъ мельчайшихъ частичекъ различныхъ тѣлъ и въ особенности когда онъ указалъ

(въ сочиненіяхъ, опубликованныхъ нѣсколько позже только что процитированнаго) на пріемы, при помощи которыхъ можно опредѣлить относительные вѣса этихъ предполагаемыхъ (гипотетическихъ) мельчайшихъ частичекъ, то интересное умозрительное представленіе древнихъ грековъ превратилось у него въ строго научную теорію, много способствовавшую дальнѣйшему преуспѣянію химіи.

Я не могу подробно разбирать тѣ соображенія, которыя въ первое время привели Дальтона къ установкѣ извѣстныхъ относительныхъ чиселъ для выраженія вѣсовъ мельчайшихъ частичекъ—или атомовъ--различныхъ тѣлъ. Эти соображенія, а также и опыты, которыми онъ подтверждалъ вѣрность своихъ чиселъ, скорѣе физическаго, чѣмъ химическаго характера. Но нѣкоторое время спустя Дальтонъ заявилъ, что законъ паиныхъ или атомныхъ вѣсовъ является необходимымъ слѣдствіемъ его теоріи о строеніи матеріи. Соображенія же, на основаніи которыхъ можно опредѣлить относительные вѣса атомовъ простыхъ тѣлъ, мы передадимъ въ слѣдующемъ видѣ.

Теорія эта начинается тѣмъ, что Дальтонъ принимаетъ въ каждомъ опредѣленномъ видѣ вещества, то есть во всѣхъ элементахъ и соединеніяхъ зернистое строеніе. Безъ сомнѣнія, если всѣ извѣстные намъ элементы и соединенія обладаютъ зернистымъ строеніемъ, то и смѣсямъ свойственно такое же строеніе. Но что же такое въ точности обозначаетъ *зернистое строеніе?* Единственно только то, что

опредѣленное вещество заполнитъ пространство такъ, какъ наполняютъ бочку яблоки, а не какъ наполняетъ форму желе (студень). По этому предположенію, если бы кто нибудь могъ разсмотрѣть небольшую часть какого-нибудь опредѣленнаго вещества — скажемъ воды—при необычайно большомъ увеличеніи, то онъ увидѣлъ бы необозримую кучу чрезвычайно мелкихъ частичекъ воды, собранныхъ вмѣстѣ не вплотную, а съ промежутками. Такимъ образомъ, зернистое строеніе дало бы совершено такую же картину, какъ Дальтоновскій сосудъ, наполненный очень мелкой дробью. Затѣмъ теорія Дальтона принимаетъ, что каждое отдѣльное зерно какого-нибудь опредѣленнаго вида матеріи до мельчайшихъ подробностей сходно со всякимъ другимъ зерномъ того же рода вещества, сходно по вѣсу и по всѣмъ другимъ свойствамъ. Дальтонъ назвалъ эти мельчайшія зерна элементарныхъ тѣлъ и соединеній—*атомами*; такъ какъ онъ обозначалъ этимъ названіемъ частички какъ элементовъ, такъ и соединеній, то очевидно, что онъ не употреблялъ этотъ терминъ въ узкомъ этимологическомъ значеніи слова, подъ которымъ подразумѣвается нѣчто, что *не можетъ быть дѣлимо* (по гречески =атомосъ—недѣлимый). Говорятъ, что Дальтонъ очень любилъ подкрѣплять химическія доказательства такимъ выраженіемъ: „все равно не сможешь и не сумѣешь раздѣлить атома“. Очевидно онъ подразумѣвалъ тогда, что вы не можете расщепить или раздѣлить атома, не разрушая существенныхъ свойствъ самаго вещества; если вы, напримѣръ, раздѣлите „атомъ“ воды,

то у васъ уже не будетъ воды, а смѣсь водорода и кислорода. Очевидно, Дальтонъ считалъ атомы элементовъ практически недѣлимыми, какой бы пріемъ для этого не употребляли бы. Надо непремѣнно замѣтить, что теорія Дальтона совершенно не касается вопроса о предѣльной или ограниченной дѣлимости матеріи, который, вообще говоря, не относится къ области физической науки. Теорія исходитъ изъ слѣдующихъ трехъ положеній: 1) что вещество обладаетъ зернистымъ строеніемъ, 2) что всѣ зернышки эти для одного и того же опредѣленнаго вида вещества совершенно одинаковы по вѣсу и по другимъ свойствамъ и 3) что каждое такое зернышко или атомъ не можетъ быть раздѣлено безъ одновременнаго исчезновенія того опредѣленнаго вещества, мельчайшія доли котораго оно представляетъ. На основаніи этого теорія приходитъ къ принятію того, что химическое соединеніе элементовъ состоитъ въ сліяніи опредѣленнаго числа атомовъ элементарныхъ тѣлъ въ болѣе сложные атомы, которые являются „атомами соединеній". Химическое взаимодѣйствіе различныхъ тѣлъ состоитъ, по теоріи Дальтона, во первыхъ въ разъединеніи атомовъ реагирующихъ соединеній, и во вторыхъ—въ соединеніи получившихся такимъ образомъ элементарныхъ атомовъ, но уже въ другомъ числѣ и порядкѣ, т. е. въ образованіи новыхъ сложныхъ атомовъ.

Выяснивъ себѣ, такимъ образомъ, основанія теоріи Дальтона, посмотримъ, какимъ способомъ были опредѣлены относительные вѣса атомовъ элементарныхъ тѣлъ послѣ принятія закона паяныхъ вѣсовъ.

Такъ какъ водородъ является самымъ легкимъ тѣломъ изъ всѣхъ извѣстныхъ намъ видовъ матеріи, то онъ и принятъ былъ за образецъ или мѣру, которой выражаются относительные вѣса атомовъ; разъ вѣсъ одного атома водорода былъ принятъ за единицу, то оставалось рѣшить вопросъ, во сколько разъ атомъ того или другого элемента тяжеле атома водорода. Разсмотримъ тотъ случай, когда соединяются водородъ и кислородъ. Вѣса этихъ элементовъ, соединяющихся для образованія воды, таковы, что на одну вѣсовую часть водорода приходится восемь вѣсовыхъ частей кислорода. Но самый процессъ соединенія двухъ элементовъ, согласно теоріи, состоитъ въ томъ, что атомы двухъ (или нѣсколькихъ) элементовъ присоединяются другъ къ другу. Слѣдовательно, одинъ атомъ кислорода вѣситъ въ восемь разъ болѣе одного атома водорода. А такъ какъ атомный вѣсъ элемента есть ничто иное какъ число, показывающее, во сколько разъ атомъ этого элемента тяжеле атома водорода, то, значитъ, и атомный вѣсъ кислорода равенъ восьми. Или для примѣра возьмемъ хлоръ и водородъ. Вѣса этихъ двухъ элементовъ, въ которыхъ они соединяются для образованія хлороводорода, относятся между собой, какъ 1 къ 35,5. Значитъ, если признать по теоріи Дальтона, что процессъ соединенія этихъ двухъ элементарныхъ тѣлъ состоитъ въ томъ, что атомы водорода, которые всѣ совершенно одинаковы по вѣсу и другимъ свойствамъ, соединяются съ атомами хлора, которые

всѣ тоже обладаютъ одинаковымъ вѣсомъ и одними и тѣми же свойствами, но зато отличаются и по вѣсу и по другимъ свойствамъ отъ атомовъ водорода, то слѣдовательно атомъ хлора въ 35,5 разъ тяжеле атома водорода или, другими словами, „атомный вѣсъ хлора равенъ тридцати пяти и пяти десятымъ". Тоже получится, если разсматривать соединенія сѣры. Такъ какъ вѣса сѣры и водорода, въ которыхъ они соединются между собой для образованія сѣроводорода, относятся какъ 16 къ 1, то, разсуждая такъ, какъ было сдѣлано выше, мы найдемъ, что атомный вѣсъ сѣры—шестнадцать.

Относительные вѣса атомовъ элементовъ, т. е. атомные вѣса элементовъ, были опредѣлены и вычислены при помощи Дальтоновской теоріи совершенно такимъ же путемъ, какимъ были вычислены пайныя числа элементовъ; и пайные и атомные вѣса были установлены по водороду, принятому за единицу для сравненія, такъ какъ водородъ—при равныхъ объемахъ—вѣситъ меньше, чѣмъ какой либо другой элементъ. Дѣйствительно, достойно замѣчанія, что оба понятія, выражаемыя словами „атомный вѣсъ" и „пайный вѣсъ" были введены въ химію въ одно и то же время и однимъ и тѣмъ же человѣкомъ.

Нѣсколько болѣе подробное изслѣдованіе тѣхъ разсужденій, которыя мы привели въ предыдущихъ параграфахъ, чтобы показать, какимъ образомъ Дальтонъ вычислилъ атомные вѣса элементовъ, сейчасъ же покажетъ намъ, какое произвольное допущеніе было сдѣлано въ этихъ разсужденіяхъ, хотя мы умышленно совсѣмъ не упоминали о немъ. Вернемся опять къ кислороду. По Дальтону, одинъ атомъ кислорода вѣситъ въ 8 разъ больше атома водорода, такъ какъ 8 вѣсовыхъ частей кислорода соединяются съ одной вѣсовой частью водорода. При выводѣ этого заключенія было сдѣлано, очевидно, произвольное допущеніе, что при взаимномъ химическомъ соединеніи водорода съ кислородомъ одинъ только атомъ водорода соединяется съ однимъ атомъ кислорода. Предположимъ, что Дальтонъ рѣшилъ допустить, что не одинъ атомъ водорода, а два такихъ атома соединяются съ однимъ атомомъ кислорода. Такъ какъ при этомъ отношеніе вѣсовъ соединяющихся водорода и кислорода останется, конечно, прежнимъ, а именно 1 къ 8, и кромѣ того мы принимаемъ, что соединяются два атома водорода, съ *однимъ* атомомъ кислорода, то, очевидно, одинъ атомъ кислорода будетъ вѣсить уже не въ 8, а въ 16 разъ болѣе одного атома водорода (16 : 2=8 : 1), и при такомъ допущеніи атомный вѣсъ кислорода окажется равнымъ 16, а не 8, какъ опредѣлилъ Дальтонъ.

Предположимъ далѣе, что Дальтонъ допустилъ бы, что два атома кислорода соединяются при образованіи воды съ однимъ атомомъ водорода; принимая во вниманіе тотъ фактъ, что при этомъ соединеніи отношеніе вѣсовъ соединяющихся тѣлъ будетъ прежнее, т. е. на 8 вѣсовыхъ частей кислорода приходится одна вѣсовая часть водорода, придется допу-

стить, что одинъ атомъ кислорода въ четыре раза тяжеле одного атома водорода, т. е. что при такомъ допущеніи атомный вѣсъ кислорода равенъ четыремъ. Дальтону, очевидно, надо было сдѣлать изъ всѣхъ предположеній, касающихся числа атомовъ при соединеніи водорода съ кислородомъ, самое простое т. е. допустить, что при этомъ соединеніи атомы этихъ двухъ элементовъ соединяются въ отношеніи одинъ къ одному, и тогда, конечно, онъ неизбѣжно долженъ былъ прійти къ заключенію, что атомный вѣсъ кислорода равенъ 8.—

Обратимся на минуту къ случаю азота. Дальтонъ утверждалъ, что, такъ какъ при образованіи амміака 4,66 вѣс. части азота соединяются съ одной вѣсовой частью водорода, то атомный вѣсъ азота долженъ быть равенъ 4,66. При этомъ само собой подразумѣвалось допущеніе, что атомы этихъ двухъ элементовъ, образуя амміакъ, соединяются въ отношеніи одинъ къ одному. Но въ болѣе позднее время измѣнили атомный вѣсъ азота, принявъ его равнымъ 14 т. е. 4,66=3, и такимъ образомъ признали, что при образованіи сложнаго сочетанія азота съ водородомъ въ амміакѣ три атома водорода соединяются съ однимъ только атомомъ азота.

Какимъ же образомъ приходятъ къ заключенію, что въ однихъ случаяхъ для рѣшенія вопроса о числѣ атомовъ, соединяющихся для образованія сложнаго химическаго соединенія, можно сдѣлать возможно простое допущеніе, а въ другихъ случаяхъ приходится прибѣгать къ предположеніямъ болѣе

сложныхъ сочетаній атомовъ? Коротко говоря, правила, которыя руководятъ химиками въ этомъ дѣлѣ, таковы: мы должны сдѣлать возможно простое предположеніе, которое окажется наиболѣе согласующимся съ реакціями того соединенія, которое мы подвергаемъ изслѣдованію. Если, напримѣръ, принять, что для образованія „сложнаго атома" (частицы) воды соединится только одинъ атомъ водорода съ однимъ только атомомъ кислорода, то этимъ самымъ мы признаемъ, что выдѣлить изъ частицы воды *часть* водорода или *часть* кислорода—невозможно.

Дѣйствительно, такъ какъ въ „сложномъ атомѣ" воды есть только по одному атому водорода и кислорода, то если мы захотимъ выдѣлить изъ воды водородъ или отнять отъ нея кислородъ, то при этомъ долженъ выдѣлиться весь водородъ или долженъ быть отнятъ весь кислородъ, потому что мы вѣдь опредѣлили атомъ элементарнаго тѣла какъ количество вещества, которое уже не можетъ быть раздѣлено на меньшія части. Оказывается, что если мы захотимъ выдѣлять изъ амміака водородъ или азотъ, то опытъ показываетъ, что водородъ изъ амміака можетъ быть выдѣленъ послѣдовательно тремя равными частями; если же мы захотимъ выдѣлить азотъ, то изъ амміака весь азотъ выдѣлится разомъ. Такъ какъ химическія реакціи амміака состоятъ въ первоначальномъ видѣ въ томъ; что расщепляется „сложный атомъ" (частица) этого соединенія, то очевидно, что въ такой сложной частицѣ амміака должны за-

ключаться три атома водорода и одинъ только атомъ азота. Вѣсовыя количества азота и водорода въ амміакѣ относятся между собой какъ 4,66 къ 1, слѣдовательно, атомный вѣсъ азота долженъ равняться четырнадцати.

Такимъ образомъ правило, которымъ руководствуются химики при выборѣ величины атомнаго вѣса изъ числа нѣкоторыхъ различныхъ величинъ такое же, какое употребляется во всѣхъ отрасляхъ естествознанія и во всѣхъ случаяхъ обыденной жизни: дѣлаютъ самое простое предположеніе которое могло бы согласоваться съ наблюдаемыми фактами, и дѣлаютъ выводы сообразно съ этимъ предположеніемъ.

Однако же это правило не можетъ быть приложено къ опредѣленію атомныхъ вѣсовъ всегда съ достаточной легкостью и достаточной точностью. Каждый отдѣльный случай приходится очень тщательно разбирать; Приходится разбираться въ оченъ большомъ числѣ вспомогательныхъ наблюденій, —сравнивать извѣстныя факты съ новыми, раздѣлять или, напротивъ, связывать ихъ другъ съ другомъ. Теорія, конечно, кладетъ въ основу извѣстное правило, пригодное для всесторонняго примѣненія, но приложеніе этой теоріи не всегда ведетъ къ желаемому результату, она оставляетъ въ химикахъ сомнѣніе, дѣйствительно ли пригоденъ для извѣстнаго элемента настоящій атомный вѣсъ изъ всѣхъ тѣхъ, которые представляются для него возможными.

Какимъ же образомъ, пользуясь этой теоріей, можно навѣрное опредѣлить, нашли ли мы настоящій атомный вѣсъ или же найденное число будетъ кратное нашего атомнаго вѣса или же какая нибудь опредѣленная его часть. Для этого надо было только опредѣлить, въ какомъ вѣсовомъ отношеніи соединяется изслѣдуемый элементъ съ одной вѣсовой частью водорода. Тогда этотъ вѣсъ или его кратное или какая нибудь часть его и будетъ представлять искомый относительный атомный вѣсъ изслѣдуемаго элемента, выраженный сравнительно съ вѣсомъ водорода, принятому за единицу. Въ случаѣ если изслѣдуемый элементъ не дастъ соединенія съ водородомъ, пользовались кислородомъ въ качествѣ промежуточнаго звена и опредѣляли, какое вѣсовое количество нашего элемента соединили съ 7 вѣсовыми частями кислорода, это количество будетъ отвѣчать тому, которое соединилось бы съ одной вѣсовой частью водорода, потому что 8 вѣс. частей кислорода соединяются съ одной вѣсовой частью водорода.

Въ концѣ концовъ однако химики научились опредѣлять, какой атомный вѣсъ изъ всѣхъ возможныхъ для даннаго элемента надо считать правильнымъ. Вернемся опять къ опредѣленію атомнаго вѣса кислорода. Если принять, что одинъ атомъ кислорода соединяется съ однимъ атомомъ водорода, то, основываясь на опытныхъ данныхъ, приходится принять атомный вѣсъ кислорода равнымъ 8; „сложный атомъ“ воды будетъ вѣситъ тогда въ 9 разъ больше атома водорода. Если же допустить, что два атома кислорода соединяются съ однимъ атомомъ водорода, то атомный вѣсъ кислорода будетъ равенъ 4, а „сложный атомъ“

воды въ этомъ случаѣ будетъ вѣсить въ 9 разъ болѣе одного атома водорода. Если же принять, что одинъ атомъ кислорода соединяется съ двумя атомами водорода, то атомный вѣсъ кислорода будетъ равенъ 16, а „сложный атомъ" воды будетъ вѣсить въ 18 разъ болѣе одного атома водорода. Если бы намъ удалось найти способъ для опредѣленія относительнаго вѣса „сложнаго атома" воды, то мы поднялись бы сразу на нѣсколько степеней на лѣстницѣ, ведущей также и къ опредѣленію относительнаго атомнаго вѣса кислорода; въ случаѣ если бы удалось найти относительные вѣса большого числа „сложныхъ атомовъ", содержащихъ кислородъ, то у насъ получились бы данныя, на основаніи которыхъ мы могли бы опредѣлить настоящій атомный вѣсъ кислорода.

Дальтонъ прекрасно чувствовалъ, ясно сознавалъ и открыто признавалъ недостатки предложеной имъ теоріи. Онъ говорилъ, что его задачей было „не только установить отличительные вѣса мельчайшихъ частичекъ и простыхъ и сложныхъ тѣлъ", но еще и опредѣлить „число простыхъ элементарныхъ частичекъ, изъ которыхъ составлена болѣе сложная частичка, а также и число менѣе сложныхъ частичекъ, которыя входятъ въ составъ болѣе сложной частички". Для того чтобы достигнуть этой цѣли, Дальтонъ установилъ нѣсколько законовъ, касающихся сложности такихъ составныхъ частичекъ; эти законы отчасти помогли ему, а также и другимъ изслѣдователямъ,—прійти къ нѣкоторымъ болѣе широкимъ обобщеніямъ, касающимся опредѣленія атомнаго вѣса элементовъ.

Но эти частные законы были далеко не достаточны; химики отыскивали всеобъемлющій законъ, который позволилъ бы опредѣлять относительные вѣса „сложныхъ атомовъ" химическихъ соединеній. Такое общее правило было найдено въ 1811 году итальянскимъ естествоиспытателемъ Авогадро.

Авогадро обратилъ вниманіе на два факта. Во первыхъ онъ высказалъ, что должно существовать нѣкоторое основаніе для того явленія, которое извѣстно подъ названіемъ законовъ Гей-Люссака.

Гей-Люссакъ замѣтилъ, что если реагируютъ между собой элементы или сложныя тѣла, способные превращаться въ газообразное состояніе, при чемъ образуются опять таки газообразные продукты, то между объемами реагирующихъ и образующихся газовъ наблюдается въ высшей степени простыя и несложныя отношенія. Такъ напримѣръ, одинъ объемъ (литръ, бутылка, кубическій вершокъ) кислорода соединяясь съ двумя такими же объемами водорода, даетъ вослѣ превращенія два объема (литра, бутылки, куб. вершка) водяного пара; два объема, напримѣръ литра, хлористоводороднаго газа образуются отъ соединенія одного объема—литра водорода съ такимъ же объемомъ—литромъ—хлора. Далѣе Авогадро указалъ, что весьма нежелательно и неудобно прилагать одно и тоже обозначеніе—*атомъ*—къ чрезвычайно малой части элементарнаго тѣла и къ чрезвычайно малой тѣла сожнаго: дѣйствительно, то, что мы

называемъ „атомомъ" химическаго соединенія можетъ быть, и постоянно бываетъ, расщеплено на отдѣльныя части, тогда какъ „атомомъ" элементарнаго тѣла, по данному Дальтономъ опредѣленію, является малое количество вещества, неспособное уже ни при какой реакціи раздробляться на новыя составныя части. Авогадро высказалъ положительнымъ образомъ слѣдующее: станемъ различать два рода чрезвычайно малыхъ частей вещества; будемъ говорить объ *атомахъ* и *молекулахъ*. Молекулой (или частицей) сложнаго или простого тѣла безразлично—мы будемъ называть ту самую малую часть вещества, которая сохраняетъ еще свойства изслѣдуемаго тѣла, если мы разсматриваемъ его, не подвергая его дѣйствію другихъ тѣлъ.

Терминъ же—атомъ мы будемъ относить только къ элементарнымъ тѣламъ, и будемъ его считать одной изъ тѣхъ частей элементарной молекулы, на которыя молекула распадается въ то время, когда она вступаетъ въ химическую реакцію съ другими молекулами. Авогадро представлялъ себѣ молекулы элементарныхъ тѣлъ частичками такого же строенія, какъ молекулы тѣлъ сложныхъ. Онъ полагалъ, что они остаются цѣлыми и неизмѣненными во всѣхъ тѣхъ превращеніяхъ, которыя мы называемъ физическими. Химическое взаимодѣйствіе между элементарными тѣлами состоитъ, по его мнѣнію, въ томъ, что прежде всего молекулы реагирующихъ тѣлъ распадаются на части и затѣмъ происходитъ новая перегруппировка этихъ частей т. е., другими словами, атомы, происшедшія отъ распада взятыхъ въ реакцію молекулъ, образуютъ новыя сочетанія атомовъ—новыя молекулы. Химическое взаимодѣйстіе между тѣлами сложными представляетъ, по ученію Авогадро, совершенно такой же точно процессъ. Онъ представлялъ себѣ, что мелекулы сталкиваются другъ съ другомъ и распадаются на части; затѣмъ элементарные атомы снова складываются, но уже въ новыя группы и такимъ образомъ появляются или молекулы новыхъ сложныхъ соединеній или же, если соединяются атомы одного рода,—молекула элементарнаго тѣла. Такимъ образомъ, допуская существованіе различія между атомомъ и молекулой, Авогадро устранилъ то различіе между механизмомъ химической реакціи, развивающейся между элементами съ одной стороны и сложными тѣлами съ другой, которое поддерживалось при употребленіи Дальтоновскаго термина—*атомъ*. Далѣе, принимая во вниманіе ту необычайную простоту объемныхъ отношеній, которую выяснило изученіе химическихъ реакцій между газообразными тѣлами, Авогадро высказалъ слѣдующее чрезвычайно важное положеніе: *Въ равныхъ объемахъ простыхъ или сложныхъ газовъ и паровъ, измѣренныхъ при одной и той же температурѣ и давленіи, заключается одинаковое число частицъ**) (*молекулъ*). Это положеніе, названное черезъ нѣсколько лѣтъ *закономъ Авогадро*, имѣетъ въ химіи поистинѣ колоссальное значеніе.

*) Лѣтъ пять спустя послѣ Авогадро Амперъ сдѣлалъ подобный же выводъ, основываясь на „одинакоаыхъ" отношеніяхъ всѣхъ газовъ къ давленію и измѣненію температуры. С. К.

Законъ, который мы выразили въ словахъ, напечатанныхъ курсивомъ, былъ высказанъ Авогадро какъ простое эмпирическое (не обоснованное теоретически) правило. Но съ тѣхъ поръ этотъ законъ поднялся до степени необходимаго вывода изъ такъ называемой кинетической теоріи газовъ *) — теоріи необыкновенно общей и имѣющей массу очень важныхъ приложеній. Для насъ представляется совершенно невозможнымъ передать въ этой книжкѣ тѣ разсужденія, на основаніи которыхъ сдѣланъ этотъ выводъ изъ кинетической теоріи газовъ. Единственно, что мы можемъ сказать здѣсь, это то, что разсужденія эти носятъ храктеръ математическій и динамическій (часть механики). Вѣрность и всеобщность закона Авогадро въ дѣйствительности подтверждается всѣми наблюденіями и опытами изъ области химіи.

Въ равныхъ объемахъ газовъ содержится равное число молекулъ (при одинаковыхъ условіяхъ). Въ этихъ словахъ заключается весь тотъ методъ, который былъ нуженъ Дальтону, но котораго самъ Дальтонъ еще не могъ указать, — методъ опредѣленія относительно вѣса молекулъ или, если употреблять терминологію Дальтона, — „сложныхъ атомовъ“, который можетъ быть приложенъ ко всѣмъ сложнымъ соединеніямъ, способнымъ обращаться въ газообразное состояніе безъ разложенія. Этотъ же методъ при-

---

*) Во основаніи этой теоріи лежитъ предположеніе, что всѣ газы состоятъ изъ очень малыхъ, абсолютно упругихъ, чрезвычайно быстро двигающихся по прямымъ линіямъ частичекъ.

С. К.

ложимъ и къ элементамъ; если только допустить, что мы можемъ обратить элементарное тѣло въ газообразное состояніе такимъ образомъ, что при этомъ будетъ исключена всякая возможность химической реакціи испытуемаго тѣла съ другими тѣлами, тогда можно опредѣлить молекулярный вѣсъ этого элементарнаго тѣла, пользуясь закономъ Авогадро.—Посмотримъ теперь, какимъ образомъ пользуются этимъ закономъ для достиженія указанной цѣли. При этомъ, конечно, принимается, что всѣ молекулы одного и того же газообразнаго тѣла имѣютъ одинъ и тотъ же вѣсъ и вполнѣ сходны по своимъ свойствамъ. Положимъ далѣе, что мы взвѣсили литръ водорода, литръ кислорода и литръ сухого водяного пара при одинаковой температурѣ и одинаковомъ давленіи, и затѣмъ выразили результаты такимъ образомъ, чтобы видно было во сколько разъ каждый взятый газъ тяжелѣе самаго легкаго изъ нихъ — водорода, т.-е. во сколько разъ литръ пара или литръ кислорода вѣсятъ больше одного литра водорода. Числа, выражающія относительныя вѣса равныхъ объемовъ этихъ трехъ газовъ, будутъ въ то же время выражать и относительные вѣса равнаго числа молекулъ этихъ трехъ видовъ матеріи, такъ какъ въ равныхъ объемахъ газовъ и паровъ при равныхъ условіяхъ давленія и температуры находится равное число молекулъ. Но мы естественнымъ образомъ должны принять, что всѣ молекулы водорода — одинаковы по вѣсу и другимъ свойствамъ, одинаковы также и молекулы кислорода, не отличаются одна отъ другой

и молекулы водяного пара. А разъ мы примемъ это, то окажется, что числа, выражающія относительные вѣса равнаго числа молекулъ водорода, кислорода и водяного пара, будутъ выражать и относительные вѣса отдѣльныхъ молекулъ этихъ газовъ. Другими словами, относительные молекулярные вѣсы этихъ трехъ газовъ выражаются числами, которыя равны относительнымъ вѣсамъ равныхъ объемовъ этихъ газовъ, при томъ условіи, что эти объемы измѣрены при одинаковомъ давленіи и равной температурѣ, потому что объемъ всякаго газа въ значительной степени измѣняется при измѣненіи давленія и температуры.

Теперь приведемъ подлинные результаты опытовъ, произведенныхъ съ газами, о которыхъ мы только что говорили. Опытъ показываетъ намъ, что одинъ объемъ кислорода вѣситъ въ шестнадцать разъ больше такого же объема водорода, при равныхъ условіяхъ давленія и температуры. Подобные же опыты показываютъ, что одинъ объемъ сухого водяного пара вѣситъ въ девять разъ болѣе, чѣмъ такой же объемъ водорода при одинаковыхъ условіяхъ температуры и давленія. Изъ этого слѣдуетъ, что молекулы кислорода въ 16 разъ тяжелѣе молекулъ водорода. Другими словами, *если принять молекулярный вѣсъ водорода равнымъ единицѣ*, то молекулярный вѣсъ кислорода равенъ шестнадцати, а молекульный вѣсъ пара равенъ девяти. Водородъ принимается за образцовое тѣло для сравненія потому, что онъ является самымъ легкимъ тѣломъ изъ всѣхъ до сихъ поръ

извѣстныхъ*). Итакъ относительнымъ молекулярнымъ вѣсомъ газа мы называемъ число, показывающее, во сколько разъ молекулы этого газа тяжелѣе молекулы водорода. Этотъ молекулярный вѣсъ газа можетъ быть опредѣленъ, если мы найдемъ, во сколько разъ опредѣленный объемъ этого газа тяжеле такого же объема водорода, при чемъ оба объема измѣряются при одинаковомъ давленіи и одинаковой температурѣ.

Положимъ теперь, что на основаніи нѣкоторыхъ соображеній удобнѣе принять молекулярный вѣсъ водорода равнымъ не единицѣ, а двумъ. Тогда въ разобранныхъ нами случаяхъ молекулярный вѣсъ кислорода выразится числомъ 32, а молекулярный вѣсъ водяного пара — числомъ 18, такъ какъ 1 : 16 : 9 = = 2 : 32 : 18.

Положимъ затѣмъ, что молекулярный вѣсъ водорода принятъ равнымъ 3, тогда молекулярные вѣса кислорода и водяного пара выразятся числами 48 и 27. Если бы по какимъ-нибудь причинамъ пришлось бы принять молекулярный вѣсъ водорода равнымъ половинѣ, то, очевидно, число 8 выразило бы намъ молекулярный вѣсъ кислорода и $4^1/_2$ представило бы собой молекулярный вѣсъ водяного пара.

Въ дѣйствительности, молекулярный вѣсъ водорода всегда принимается равнымъ двумъ. Поэтому молекулярные вѣсы кислорода и водяного пара выражаются числами 32 и 18. Но почему же мы должны при-

*) Въ настоящее время за единицу для сравненія принимается кислородъ, который легче получить въ чистомъ видѣ. Атомный вѣсъ его принятъ равнымъ 16. С. К.

нимать молекулярный вѣсъ водорода равнымъ двумъ, когда мы согласились принять этотъ элементъ за образцовое тѣло, къ которому относятъ всѣ другіе молекулярные вѣса? Вѣдь, въ такомъ случаѣ, слѣдовало принять молекулярный вѣсъ водорода именно равнымъ единицѣ. Для того, чтобы ясно представить себѣ, почему именно принимаютъ молекулярный вѣсъ за два, а не за единицу, припомнимъ слѣдующее: мы вѣдь согласились выражать всѣ атомные вѣса элементовъ числами, которыя показываютъ, во сколько разъ каждый такой атомъ тяжелѣе атома водорода; при вычисленіи этихъ величинъ атомныхъ вѣсовъ, мы принимали атомъ водорода за единицу; другими словами, мы согласились выражать всѣ атомные вѣса элементовъ по масштабу водорода, принимая вѣсъ атома водорода за единицу. Если бы мы выразили всѣ молекулярные вѣса по водороду, принявши молекулярный вѣсъ водорода равнымъ единицѣ, то мы должны были бы получить одинаковыя числа, какъ для молекулярныхъ вѣсовъ элементовъ, такъ и для ихъ атомныхъ вѣсовъ. Однако, основываясь на законѣ Авогадро, можно показать, что далеко не всегда это бываетъ такъ, и атомный вѣсъ нѣкоторыхъ элементовъ очень часто выражается гораздо меньшимъ числомъ, чѣмъ молекулярный вѣсъ тѣхъ же элементовъ; можно показать, что когда такіе элементы реагируютъ (вступаютъ во взаимодѣйствіе) химически съ другими элементами, то ихъ молекулы расщепляются на меньшія по вѣсу части. Изучая реакціи водорода, можно показать, что молекула этого элемента при многихъ химическихъ превращеніяхъ распадается на двѣ равныя части. Но если молекула водорода состоитъ изъ двухъ равныхъ частей и если части молекулъ элемента мы будемъ какъ и прежде, называть атомами, то молекулярный вѣсъ водорода долженъ быть выраженъ числомъ вдвое большимъ, чѣмъ то, которое выражаетъ вѣсъ одного атома водорода. Вспомнимъ, что химики условились выражать вѣсъ атома водорода числомъ 1. Слѣдовательно, молекулярный вѣсъ водорода долженъ выразится числомъ два. Доказательство, приводимое въ пользу того предположенія, что молекула водорода при нѣкоторыхъ химическихъ реакціяхъ расщепляется на двѣ равныя части, основано на допущеніи справедливости закона Авогадро. Разсмотримъ одну отдѣльную реакцію водорода, а именно ту, когда водородъ, соединяясь съ газообразнымъ элементомъ хлоромъ, образуетъ опять таки газообразное соединеніе—хлороводородъ. Опытъ показываетъ, что при этой реакціи соединяются равные объемы хлора и водорода и образуется хлористоводороднаго газа вдвое больше по объему, чѣмъ было взято хлора или водорода; кромѣ того доказано опытами, что хлороводородъ состоитъ изъ хлора и водорода, и никакихъ другихъ элементовъ въ немъ нѣтъ. Примѣнимъ къ разъясненію этихъ фактовъ законъ Авогадро. *Въ равныхъ объемахъ газовъ и паровъ при равныхъ условіяхъ давленія и температуры заключается одинаковое число молекулъ*. Каково бы ни было число молекулъ водорода, изъ нихъ образуется вдвое большее число молекулъ

хлороводорода, такъ какъ изъ одного объема водорода образуется два объема хлороводорода; значитъ каждая молекула водорода, соединяясь съ молекулой хлора (объемы ихъ равны), даетъ двѣ молекулы хлороводорода, такъ какъ каждому взятому объему водорода отвѣчаетъ вдвое большій объемъ образовавшагося хлороводорода. Слѣдовательно, каждая молекула водорода расщепилась на двѣ части (конечно, вполнѣ возможно, что молекула водорода могла распасться и на большее число равныхъ частей), и каждая половина молекулы водорода, соединившись съ половиной молекулы хлора, дала молекулу газообразнаго хлористаго водорода. Но мы называемъ эти части молекулы водорода—атомами водорода; такъ какъ каждая молекула водорода распалась на два атома, то очевидно молекулярный вѣсъ водорода вдвое больше его атомнаго вѣса. Атомный же вѣсъ водорода, по соглашенію химиковъ, принимается за единицу; слѣдовательно, молекулярный вѣсъ водорода выражается числомъ—два.

Безъ сомнѣнія, тотъ же ходъ доказательства приложимъ и къ хлору; если бы мы считали хлоръ образцомъ для сравненія атомныхъ и молекулярныхъ вѣсовъ элементовъ, то мы должны бы были принять атомный вѣсъ этого элемента равнымъ единицѣ, тогда, исходя изъ наблюденныхъ фактовъ и прилагая только что приведенныя разсужденія, мы бы должны были принять его молекулярный вѣсъ равнымъ двумъ.

Многія другія реакціи между водородомъ и другими газообразными элементами приводятъ насъ къ

тому же заключенію, а именно, что молекулярный вѣсъ водорода вдвое больше атомнаго его вѣса. Другими словами, молекула водорода при многихъ химическихъ превращеніяхъ распредѣляется на двѣ равныя части—на два атома, и эти атомы входятъ въ соединеніе съ атомами другихъ элементовъ, образуя новыя молекулы.

Молекулярные вѣса нѣкоторыхъ элементовъ и очень многихъ сложныхъ соединеній были опредѣлены при помощи закона Авогадро. Кромѣ того, этимъ закономъ можно пользоваться для опредѣленія атомныхъ вѣсовъ такихъ элементовъ, которые сами по себѣ не могли быть обращены въ парообразное или газообразное состояніе, но зато даютъ газообразныя или способныя превращаться въ паръ сложныя соединенія съ другими элементами, атомный вѣсъ которыхъ извѣстенъ. Прослѣдить подробно тотъ пріемъ, при помощи котораго приложеніе закона Авогадро приводитъ къ опредѣленію атомныхъ вѣсовъ, не очень то легко; но на какомъ нибудь примѣрѣ читателю легко будетъ понять, въ чемъ именно состоитъ главная суть этого метода. Для примѣра возьмемъ кислородъ. Относительные молекулярные вѣса (по сравненію съ водородомъ) очень большого числа кислородныхъ соединеній были опредѣлены въ газообразномъ состояніи. Если такое число, выражающее, во сколько разъ каждое такое газообразное соединеніе тяжелѣе водорода, взятаго въ равномъ объемѣ и при равныхъ условіяхъ, помножить на два, то въ результатѣ получимъ молекулярный вѣсъ этого соединенія. Кро-

мѣ того всѣ эти соедине ія были подвергнуты анализу, и результатъ анализа былъ выраженъ такимъ образомъ, что вѣсовое количество каждаго элемента опредѣлялось по отношенію къ количеству равному молекулярному вѣсу. Затѣмъ *самое малое вѣсовое количество* кислорода, *приходящееся на молекулярный вѣсъ*,—полученное, значитъ, въ результатѣ физическаго метода опредѣленія плотности пара и химическаго количественнаго анализа, —принималось за *атомный вѣсъ* кислорода. Напримѣръ, найдено было, что газообразная углекислота въ 22 раза тяжелѣе водорода, если сравнивать ихъ равные объемы, взятые при равныхъ условіяхъ. Слѣдовательно, молекулярный вѣсъ этого газообразнаго сложнаго соединенія равенъ 44. Количественный анализъ углекислоты показываетъ, что она состоитъ изъ 27,27 реоцентовъ углерода и 72,73 проц. кислорода.

Если эти числа перечислить такъ, чтобы разсчетъ былъ сдѣланъ не на 100 вѣсовыхъ частей, а на 44 (молекулярный вѣсъ углекислоты), то въ результатѣ получится для угля (100:27:27=44:x)---12, а для кислорода (100:72,73=44:y)---32 вѣсовыхъ части. Замѣтимъ теперъ, что молекула какого нибудь сложнаго соединенія ни въ какомъ случаѣ не можетъ содержать *менѣе одного* атома элемента, хотя, конечно, въ составъ ея можетъ входить и нѣсколько атомовъ одного и того же элемента. Это слѣдуетъ непосредственно изъ нашего представленія объ атомѣ, какъ о самой малой части элемента, расщепленіе которой на части (если это расщепленіе удалоськакимъ-ни-

будь способомъ осуществить) привело бы къ образованію новаго рода матеріи, совершенно отличной отъ первоначально взятаго элемента. Отсюда слѣдуетъ, что въ разбираемомъ нами случаѣ углекислоты атомный вѣсъ кислорода не можетъ быть больше 32. Беремъ другое соединеніе и поступаемъ съ нимъ совершенно такъ, какъ и съ газообразной углекислотой.

Предположимъ теперь, что для изслѣдованія взята вода. Сухой водяной паръ оказывается въ девять разъ тяжелѣе водорода, взятаго въ равномъ объемѣ и прочихъ равныхъ условіяхъ. Отсюда находимъ молекулярный вѣсъ воды въ газообразномъ (сухомъ парообразномъ) состояніи равнымъ 18. Анализъ показываетъ, что на 100 вѣсовыхъ частей воды приходится кислорода 88, 89 частей, а водорода всего 11, 11 вѣс. част. Перечисляя эти величины на 18 по пропорціи 100:88,89=18:x и 100:11,11=18:y, находимъ, что 18 вѣсовыхъ частей воды (или водяного пара—все равно, такъ какъ вода при испареніи не разлагается химически) заключается 16 вѣсовыхъ частей кислорода и 2 вѣс. части водорода. Слѣдовательно, въ данномъ случаѣ атомный вѣсъ кислорода не можетъ быть болѣе 16, но можетъ быть, конечно, числомъ въ 2, 3, 4, и т. д. цѣлое число разъ меньшимъ 16.

Подобнымъ же способомъ изслѣдовали громадное число соединеній кислорода, и окончательный результатъ этихъ изслѣдованій приводитъ къ слѣдующему: до сихъ поръ не было найдено ни одного соединенія, содержащаго кислородъ и способнаго не разлагаясь переходить въ газообразное или пароб-

разное состояніе, въ которомъ вѣсовое количество кислорода, приходящееся на молекулярный вѣсъ этого соединенія было бы менѣе 16. А потому мы и должны считать атомный вѣсъ кислорода равнымъ 16.

Теперь мы уже достаточно сказали для того, чтобы такъ сказать, намѣтить, а не то что разъяснить всесторонне, значеніе слова „атомъ“ и „молекула“. По атомистической и молекулярной теоріямъ матерія представляетъ зернистую структуру (строеніе); если бы мы обладали достаточно острымъ зрѣніемъ, то, если наше предположеніе вѣрно, нашъ глазъ увидѣлъ бы, что каждая часть любого опредѣленнаго вида матеріи обладаетъ своего рода строеніемъ въ родѣ, напр., кирпичной стѣны или роты солдатъ или кучи яблокъ или комнаты, наполненной крикетными мячами или же, наконецъ, бутылки, насыпанной цѣликомъ мелкой дробью. Теорія называетъ эти мельчайшія части однороднаго вещества—молекулами; при этомъ принимаютъ, что всѣ молекулы взятаго въ отдѣльности элементарнаго или сложнаго тѣла совершенно тождественны по вѣсу и по другимъ своимъ свойствамъ, и что свойства какой-нибудь части такого однороднаго элементарнаго или сложнаго тѣла являются свойствами молекулы этого простого или сложнаго тѣла. Эта же теорія предлагаетъ намъ представлять себѣ молекулы не находящимися въ покоѣ, а, наоборотъ, находящимися въ постоянномъ движеніи. Если тѣло газообразно, то частицы (молекулы) движутся чрезвычайно быстро, постоянно сталкиваясь другъ съ другомъ и отскакивая въ разныя стороны, какъ упругіе мячи; если

тѣло жидкое, то движеніе молекулъ въ немъ уже значительно медленнѣе и, наконецъ, если тѣло твердое, то частицы въ немъ сближены очень тѣсно, что не мѣшаетъ имъ, впрочемъ, имѣть достаточно пространства для свободнаго движенія. До тѣхъ поръ, пока молекулы сложнаго тѣла или элемента только мѣняютъ скорость своего движенія, то ни въ какомъ случаѣ не расщепляются и не входятъ въ соединеніе съ другими молекулами, теорія говоритъ, что съ данными веществами происходятъ только *физическія* измѣненія. Но, какъ только молекула одного рода сталкивается съ молекулой другого рода такимъ образомъ, что или обѣ молекулы расщепляются и продукты ихъ распаденія снова группируются въ новыя комбинаціи или двѣ молекулы начинаютъ колебаться и двигаться вмѣстѣ, какъ одна, болѣе сложная по составу, молекула, тогда, по представленіямъ этой теоріи, наступило, значитъ, *химическое* взаимодѣйствіе.

Молекулы, какъ элементарныхъ, такъ равно и сложныхъ тѣлъ, могутъ расщепляться подъ вліяніемъ силы удара отъ ихъ столкновенія или по какой-нибудь другой причинѣ; но въ большинствѣ случаевъ, какимъ бы образомъ они не получились бы, эти части или эти обломки молекулъ стремятся снова соединиться; иногда старые, раньше бывшія въ соединеніи части снова соединяются, и разрушенная, было, молекула снова появляется на свѣтъ; но гораздо чаще образуются новыя сочетанія старыхъ составныхъ частей, и появляются новые виды молекулъ. Если

молекула элементарнаго тѣла состоитъ изъ частей, то всѣ эти части совершенно тожественны по вѣсу и по другимъ свойствамъ. Молекулы же сложнаго соединенія содержатъ въ себѣ разнаго рода составныя части, то есть содержатъ въ своемъ составѣ нѣсколько различныхъ элементовъ, которые соединились для ея образованія.

Если молекула совершенно расщепится, то эти отдѣльныя части молекулъ называютъ атомами. Если разсматривать свойства какого-нибудь элементарнаго тѣла, которыя проявляются безъ участія другого вида матеріи, напр., удѣльный вѣсъ, электрическія свойства, расширеніе отъ теплоты, цвѣтъ и т. д., то эти свойства должны быть приписаны свойствамъ молекулъ этого простого тѣла; но, какъ только молекулы расщепляются на составляющіе ихъ атомы, когда происходитъ химическое превращеніе, то химическія реакціи элементарнаго тѣла обусловливаются свойствами совокупности атомовъ этого элементарнаго тѣла. Далѣе надо замѣтить, что, какъ только молекула элементарнаго тѣла раздѣлилась, ея атомы сейчасъ же стремятся соединиться въ группы; въ однихъ случаяхъ атомы соединяются съ одинаковыми атомами, и тогда опять образуются элементарныя молекулы; въ другихъ случаяхъ они соединяются съ атомами другихъ видовъ матеріи и образуютъ тогда молекулы сложныхъ тѣлъ. Такимъ образомъ, химическія свойства элементовъ обнаруживаются исключительно тогда, когда такой элементъ или самъ дѣйствуетъ на другой родъ однороднаго вещества, или же подвергается его дѣйствію. Все, что справедливо для молекулы элементарнаго тѣла, вѣрно и по отношенію къ молекуламъ тѣла сложнаго; слѣдовательно, химическія свойства сложнаго соединенія проявляются исключительно тогда, когда молекула расщепляется или тогда, когда она соединяется съ другими молекулами.

До сихъ поръ ни одинъ атомъ не удалось раздѣлить. Если же атомъ раздѣлится — теорія не предрѣшаетъ вопроса о томъ, можно ли какимъ-нибудь способомъ раздѣлить нынѣшніе наши атомы или это вообще невозможно—то несомнѣнно тогда получится новый видъ вещества, совершенно отличный отъ того, изъ котораго состоялъ атомъ, раздѣленный нами (въ воображеніи пока только) на части. Во всякомъ случаѣ, въ настоящее время атомъ — это предѣльная часть матеріи, съ которой химику приходится имѣть дѣло. Химія, именно, и преслѣдуетъ вопросы о томъ, какого рода превращенія могутъ происходить при различныхъ сочетаніяхъ этихъ неизмѣняемыхъ частей.

Было бы очень нетрудно показать, что законы постоянныхъ и кратныхъ вѣсовыхъ отношеній, которые явились наиболѣе полнымъ обобщеніемъ изслѣдованія состава однородныхъ видовъ матеріи, оказываются необходимымъ слѣдствіемъ изъ положеній молекулярной и атомной теоріи. Въ этомъ такъ легко убѣдиться, что мы предоставляемъ читателю самому сдѣлать этотъ выводъ на основаніи изложеннаго въ предыдущихъ главахъ.

Но можно предложить такого рода вопросъ: а что же вторая теорія? та теорія, по которой однородное на видъ тѣло на самомъ дѣлѣ является однороднымъ во всѣхъ своихъ безпредѣльно малыхъ частяхъ т. е., что матерія не имѣетъ зернистаго строенія, а—студенистое, желатинообразное.

На этотъ вопросъ можно только отвѣтить такъ: попытайтесь приложить къ объясненію всѣхъ нами разобранныхъ явленій эту теорію студенистаго строенія вещества.

Дѣло въ томъ, что такихъ попытокъ было очень много; не разъ уже пробовали разъяснить наблюдаемыя свойства вещества именно при помощи этой теоріи; но она съ самаго же начала оказывалась неподходящей и несогласной съ наблюдаемыми фактами. И первой и послѣдней пробой всякой научной теоріи будетъ отвѣтъ на вопросъ: что она дала для науки? А теорія студенистаго строенія матеріи не внесла ничего въ науку.

Мы уже замѣчали не разъ, что молекула сама должна обладать извѣстнымъ строеніемъ; она построена изъ частей, изъ атомовъ; эти части,—мы принуждены принять это на основаніи цѣлаго ряда фактовъ,—расположены другъ относительно друга въ извѣстномъ опредѣленномъ порядкѣ. Наше представленіе о молекулѣ, подобно очень большому число нашихъ химическихъ представленій,—изображаетъ намъ ее чѣмъ-то въ родѣ сложной постройки. Вотъ на эту то часть химическаго ученія мы теперрь обратимъ нѣсколько болѣе серьезное вниманіе. Напомнимъ Велеровскій синтезъ мочевины. Нагрѣвая ціановокислый аммоній до 100°, Велеръ получилъ мочевину. Но ціановокислый аммоній и мочевина имѣютъ одинаковый составъ, который выражается формулой CON_2H_4—для обоихъ случаевъ. Молекула ціановокислаго аммонія состоитъ, слѣдовательно, изъ атома углерода, двухъ атомовъ азота, одного атома кислорода и четырехъ атомовъ водорода; молекула мочевины состоитъ изъ такого же числа такихъ же точно атомовъ. Но почему же въ такомъ случаѣ эти два тѣла могутъ отличаться другъ отъ друга по свойствамъ? Легко понять, что свойства молекулы могутъ зависить и отъ свойствъ атомовъ входящихъ въ составъ ея, и отъ числа атомовъ каждаго отдѣльнаго вида вещества. Но вотъ именно случай ціановокислаго аммонія и мочевины показываетъ намъ, что есть еще и третье обстоятельство, обусловливающее отличіе молекулъ и, слѣдовательно, и ихъ свойствъ другъ отъ друга. Единственной причиной различія въ разбираемомъ нами случаѣ можетъ быть только различное расположеніе атомовъ въ частицахъ, образуемыхъ этими атомами. Но такое обсужденіе вопроса о строеніи малекулъ настолько обширно, что мы посвятимъ ему отдѣльную главу.

ГЛАВА IX.

Молекулярная архитектура.

Самый ходъ образованія химическаго соединенія изъ одного или двухъ элементарныхъ тѣлъ мы часто

уподобляли въ этой книгѣ постройкѣ какого-нибудь зданія. Мы теперь должны пріучить себя разсматривать образованіе какой-нибудь сложной химической постройки слѣдующимъ образомъ: берутъ опредѣленное количество чрезвычайно маленькихъ частей опредѣленнаго вида матеріи, которыя мы теперь стали называть атомами, и прикладываютъ ихъ другъ къ другу, такъ что получается болѣе сложная часть матеріи, но опять таки необычайно малая, которую мы назвали молекулой. И хотя, конечно, свойства самаго зданія совершенно отличаются отъ свойства камней или кирпичей, употребленныхъ для постройки, тѣмъ не менѣе мы легко можемъ видѣть, что свойства молекулы зависятъ во первыхъ отъ *свойствъ*, во вторыхъ отъ *числа* и въ третьихъ отъ *группировки атомовъ*, изъ которыхъ построена молекула.

Молекулы, которыя созидаетъ химикъ, соединяя атомъ съ атомомъ, необычайно малы. Мы не знаемъ въ точности размѣровъ молекулы; но цѣлый рядъ соображеній и выходовъ изъ фактовъ, наблюдаемыхъ въ самыхъ различныхъ классахъ явленій, приводитъ насъ всегда къ заключенію, что самая малая часть матеріи (вещества) опредѣленнаго рода,—будь то вода или желѣзо,—которую мы можемъ еще увидѣть въ чрезвычайно сильно увеличивающій микроскопъ, состоитъ не менѣе, какъ изъ шестидесяти милліоновъ и не болѣе, какъ изъ ста милліоновъ молекулъ.

Въ главѣ VIII мы попытались указать на нѣкоторые наблюдаемые факты и на пріемы обсужденія

этихъ фактовъ, которые приводятъ химиковъ къ опредѣленнымъ заключеніямъ, относящимся къ опредѣленію числа атомовъ различныхъ элементовъ, соединяющихся между собой для образованія молекулы каждаго опредѣленнаго вещества. Но въ какомъ же направленіи химики должны искать для себя указаній, когда они пытаются достигнуть вполнѣ яснаго и удовлетворительнаго представленія о расположеніи такихъ до невѣроятія малыхъ частей матеріи? Вѣдь, когда эти части уже сложатся или соединятся вмѣстѣ, то и тогда получаются настолько маленькія частички, что ихъ надо увеличить въ 60 или въ 100 милліоновъ разъ, чтобы ихъ можно было увидѣть. Задача на первый разъ кажется невыполнимой, однако же она была правильно разрѣшена.

Надо замѣтить, что задачей химика въ настоящее время *не является* стремленіе открыть *дѣйствительное расположеніе атомовъ* въ той или другой молекулѣ. Въ этомъ видѣ задача едва ли можетъ быть рѣшена, хотя иногда химики и надѣялись „увидѣть“ молекулу однимъ изъ тѣхъ особенныхъ органовъ зрѣнія, которыми надѣляетъ химика тщательное и точное изученіе природы. Въ настоящее время, какъ я уже говорилъ, вопросъ о строеніи молекулъ сводится къ тому, чтобы создать удовлетворительную и послѣдовательную воображаемую картину, которая показывала бы предполагаемое расположеніе атомовъ въ молекулахъ различныхъ элементарныхъ и сложныхъ тѣлъ, изученіе которыхъ составляетъ предметъ химіи. Эта картина должна быть вполнѣ ясной,

строго согласованной во всѣхъ своихъ частяхъ и согласной со всѣми извѣстными до сихъ поръ фактами. Кромѣ того, эта картина должна руководить нами при выборѣ тѣхъ явленій и фактовъ, которые мы будемъ изслѣдовать. Коротко сказать, химики должны были создать строго научную теорію строенія молекулъ.

Понятное дѣло, что искать въ этой книгѣ чего-нибудь болѣе сложнаго и распространеннаго, чѣмъ самый краткій очеркъ постепеннаго развитія теоріи молекулярнаго строенія—было бы совсѣмъ неосновательно.

Если бы мнѣ удалось вызвать хотя бы у нѣсколькихъ читателей желаніе глубже проникнуть въ этотъ предметъ и если бы они, руководясь моей книжкой, пошли бы по настоящей дорогѣ, то это было бы самое большее, чего я могъ желать и на что могъ надѣяться. Разсмотримъ четыре важныхъ химическихъ соединенія—HCl—хлористый водородъ (газъ), H_2O—воду (въ видѣ перегрѣтаго пара или, что все равно,—газа), NH_3—амміакъ (газъ) и CH_4—болотный газъ. Одинъ атомъ элемента хлора соединяется съ *однимъ* атомомъ элемента водорода и образуетъ сложную молекулу газообразнаго хлористаго водорода; одинъ атомъ элемента кислорода соединяется съ *двумя* атомами водорода и образуетъ сложную молекулу воды (мы беремъ ее въ газообразномъ состояніи); одинъ атомъ элемента азота соединяется съ *тремя* атомами водорода и образуетъ сложную молекулу газообразнаго амміака и, наконецъ, одинъ

атомъ элемента углерода соединяется съ *четырьмя* атомами водорода и образуетъ сложную молекулу болотнаго газа. Мы не знаемъ ни одного такого соединенія хлора съ водородомъ, въ которомъ одинъ атомъ этого элемента соединялся бы болѣе чѣмъ съ однимъ атомомъ водорода. Точно также неизвѣстны намъ и соединенія кислорода, въ которыхъ съ однимъ атомомъ этого элемента соединялись бы болѣе чѣмъ два атома водорода. Не знаемъ мы также и такихъ соединеній азота съ водородомъ, въ которыхъ на одинъ атомъ азота приходилось бы болѣе трехъ атомовъ водорода. Наконецъ, неизвѣстно ни одной комбинаціи углерода съ водородомъ, въ которой на одинъ атомъ углерода приходилось бы болѣе четырехъ атомовъ водорода. Такимъ образомъ несомнѣнно существуетъ предѣльное число атомовъ водорода, которые можетъ удерживать въ соединеніи съ самимъ собой одинъ атомъ хлора для образованія прочнаго молекулярнаго зданія; точно также есть предѣльное число атомовъ водорода, которое можетъ присоединить къ себѣ одинъ атомъ кислорода или одинъ атомъ азота или одинъ атомъ углерода, и удерживать ихъ настолько прочно, что образующееся молекулярное зданіе не распадается на отдѣльныя части.

Итакъ есть извѣстный предѣлъ для числа атомовъ водорода, которые могутъ удерживаться однимъ атомомъ какого-нибудь изъ четырехъ элементовъ: хлора, кислорода, азота или углерода. То, что справедливо для атомовъ этихъ четырехъ элементовъ, оказывается

вѣрнымъ и по отношенію ко всѣмъ другимъ элементамъ. Изслѣдованіе числа атомовъ въ молекулахъ соединеній всѣхъ тѣхъ элементовъ, которые обладаютъ способностью соединяться съ водородомъ, обнаруживаетъ тотъ фактъ, что во всѣхъ такихъ случаяхъ существуетъ наибольшее значеніе для числа атомовъ водорода, съ которыми можетъ соединяться одинъ атомъ какого-нибудь отдѣльнаго элемента для образованія прочныхъ молекулярныхъ зданій.

Совершенно такіе же факты наблюдаются не только по отношенію къ водороду, но и по отношенію къ другимъ элементамъ.

Изученіе атомнаго состава молекулъ въ направленіи, указанномъ на предыдущихъ примѣрахъ, приводитъ насъ къ заключенію, что способность присоединять атомы всегда имѣетъ опредѣленный предѣлъ, который обусловливается свойствами каждаго отдѣльнаго вида матеріи по отношенію къ другому роду элементарныхъ атомовъ. Результаты этого изученія атомнаго состава молекулъ идутъ еще дальше: они показываютъ, что есть пять элементарныхъ атомовъ, которыми можно пользоваться для измѣренія способности какихъ-нибудь элементовъ удерживать другія элементарные атомы. Этими атомными измѣрителями служатъ атомы водорода, фтора, хлора, брома и іода. Если намъ удастся опредѣлить максимальное (самое большое) число атомовъ водорода или наибольшее число атомовъ фтора, хлора, брома или іода, съ которымъ можетъ соединиться одинъ атомъ какого-нибудь отдѣльнаго изучаемаго

нами элемента и образовать при этомъ устойчивую и прочную молекулу, то мы, такимъ образомъ, опредѣлимъ наибольшее число атомовъ, которое непосредственно вообще можетъ удерживать при себѣ элементъ, входящій вмѣстѣ съ этими новыми атомами въ составъ прочной или устойчивой молекулярной постройки.

Съ того момента, когда мы усвоили себѣ существованіе того факта, что всегда есть предѣлъ для числа какихъ бы то ни было атомовъ, съ которыми извѣстный атомъ можетъ входить въ непосредственное соединеніе и образовать при томъ молекулярную постройку, не способную легко распадаться на отдѣльныя первоначально взятыя части, съ этого момента мы получаемъ вполнѣ опредѣленное представленіе относительно структуры или строенія молекулъ. Прежде всего надо опредѣлить предѣльное число для каждаго рода атомовъ. Мы уже указали, что этотъ предѣлъ легко можетъ быть опредѣленъ при помощи подсчета атомовъ вышеупомянутыхъ пяти элементовъ, которые нами были взяты мѣриломъ способности атомовъ удерживать непостредственно при себѣ другіе атомы; затѣмъ надо придумать подходящій „языкъ“ для выраженія „удерживающей способности“ элементарныхъ атомовъ и для приведенія въ согласіе между собой отдѣльныхъ выводовъ, касающихся каждаго элемента по отношенію къ другимъ атомамъ; наконецъ, надо будетъ представить реакцію химическихъ соединеній въ такомъ видѣ, чтобы они ясно выражали внутреннее расположеніе атомовъ въ

этихъ соединеніяхъ, предполагая, конечно, что это внутреннее расположеніе атомовъ выражено тѣмъ же языкомъ, который мы примемъ для объясненія способности атомовъ элемента удерживать непосредственно при себѣ, т. е. въ прямомъ соединеніи опредѣленное число другихъ атомовъ.

Всѣ элементарные атомы относятся къ одному изъ слѣдующихъ шести классовъ: одни изъ нихъ могутъ соединяться непосредственно только съ однимъ атомомъ другого элемента; другіе обладаютъ способностью связывать съ собой два другихъ атома; третьи таковы, что могутъ удерживать въ соединеніи съ собой три атома другихъ какихъ-нибудь элементовъ; четвертые могутъ удерживать въ сферѣ своего непосредственнаго дѣйствія четыре другихъ атома; пятые таковы, что сами могутъ дѣйствовать непосредственно на пять другихъ атомовъ, а эти пять, въ свою очередь, могутъ дѣйствовать на одинъ атомъ элементовъ этого класса и, наконецъ, шестые—могутъ соединяться въ одной молекулярной постройкѣ съ шестью атомами другихъ элементовъ. Я нарочно измѣнялъ всякій разъ слова, которыми я старался выразить понятіе о прямомъ химическомъ соединеніи между атомами. Въ чемъ состоитъ сущность этого соединенія, мы до сихъ поръ опредѣленно не знаемъ.

Весьма возможно, что химическое соединеніе совершается подъ вліяніемъ притягательныхъ силъ между атомами; можно допустить, что эти силы ничто иное, какъ силы тяготѣнія, обусловленныя формой и движеніемъ атомовъ, но наиболѣе вѣроятнымъ является предположеніе, что химическое соединеніе совершается подъ вліяніемъ силъ, подобныхъ электрическимъ. Будущія быть можетъ изслѣдованія и покажутъ намъ, какова сущность того, что мы называемъ „прямымъ или непосредственнымъ химическимъ соединеніемъ атомовъ", но въ настоящее время факты заставляютъ насъ представлять себѣ химическую молекулу, какъ результатъ какого-то особаго рода непосредственнаго дѣйствія одного атома на другіе; мы должны представлять себѣ, что молекула обладаетъ опредѣленной и правильной структурой (строеніемъ), при чемъ каждый отдѣльный атомъ расположенъ извѣстнымъ образомъ по отношенію къ другимъ атомамъ, хотя всѣ эти атомы и находятся въ движеніи, и кромѣ того одинъ какой-нибудь атомъ постоянно непосредственно реагируетъ только съ строго опредѣленнымъ, ограниченнымъ числомъ другихъ атомовъ. Словомъ сказать, мы можемъ представлять себѣ молекулу чѣмъ то вродѣ миніатюрной (чрезвычайно малой) солнечной системы.

Въ химіи принятъ весьма простой и удобный способъ обозначенія числа атомовъ, съ которыми способенъ вступать во взаимодѣйствіе какой-нибудь обособленный нами атомъ въ молекулѣ сложнаго химическаго соединенія. Символомъ или химическимъ знакомъ элемента, какъ мы уже знаемъ, служитъ первая или иногда первая и еще другая какая-нибудь буква его латинскаго названія; этотъ символъ представляетъ собой одинъ атомъ элемента.

Къ этому символу приписываютъ или римскую цифру или отвѣчающее ей число черточекъ. Такая цифра или черточки обозначаютъ способность атома разсматриваемаго элемента присоединять къ себѣ непосредственно другіе атомы (атомность элемента).

Такъ напримѣръ символы C^{IV} или —C— (с черточками сверху и снизу) имѣютъ одно и тоже значеніе. Это значитъ, что одинъ атомъ углерода способенъ присоединять къ себѣ непосредственно четыре, и только четыре, не болѣе, атома какихъ-нибудь другихъ элементовъ. Точно такимъ же образомъ O^{II} или —O— обозначаетъ, что одинъ атомъ кислорода способенъ присоединять къ себѣ непосредственно не болѣе двухъ другихъ атомовъ. Разсмотримъ теперь символъ (формулу) какого-нибудь сложнаго соединенія и приложимъ къ нему способъ обозначенія, который я только что старался вамъ разъяснить. Пусть это сложное соединеніе будетъ вода. Символъ или формула строенія воды H—O—H. Прежде всего обращаемъ наше вниманіе на расположеніе атомовъ въ молекулѣ воды, причемъ изъ этой формулы ясно видно, что предполагается формальное взаимодѣйствіе между кислородомъ и каждымъ изъ атомовъ водорода—съ одной стороны, и отсутствіе прямого взаимодѣйствія между атомами водорода—съ другой.

Обыкновенный винный спиртъ или алкоголь представляетъ болѣе сложное соединеніе, чѣмъ вода; его составъ и молекулярный вѣсъ и число атомовъ

каждаго отдѣльнаго элемента, которые соединились между собой для образованія молекулы алкоголя, выражается формулой C_2H_6O. Если теперь мы попытаемся, пользуясь уже описаннымъ способомъ, изобразить такую формулу алкоголя, которая выразила бы всѣ его реакціи, т. е. представляла бы предполагаемое расположеніе атомовъ различныхъ элементовъ въ частицѣ алкоголя, которымъ обусловливались бы его реакціи, то мы должны будемъ написать формулу строенія такого вида:

```
     H    H
     |    |
H —  C —  C — O — H
     |    |
     H    H
```

Эта формула строенія алкоголя можетъ въ дѣйствительности выразить его реакцію, если мы, какъ видно изъ самой формулы, сдѣлаемъ слѣдующія предположенія: 1) что оба атома углерода находятся въ непосредственномъ соединеніи другъ съ другомъ; 2) что одинъ атомъ углерода связанъ непосредственно съ тремя атомами водорода, а другой съ двумя; 3) что этотъ второй атомъ углерода кромѣ двухъ атомовъ водорода удерживаетъ еще и одинъ атомъ кислорода кромѣ двухъ атомовъ водорода *). Такимъ образомъ если мы будемъ представлять

*) Какъ примѣръ того, что одинъ атомъ водорода въ молекулѣ алкоголя отличается отъ другихъ, можно привести дѣйствіе натрія на алкоголь; при этомъ при всѣхъ условіяхъ замѣняется только одинъ атомъ водорода натріемъ и получается тѣло состава C_2H_5ONa.

С. К.

себѣ, что отдѣльные атомы въ молекулѣ C_2H_6O соединены такъ, какъ указано на нашемъ рисункѣ, то у насъ и получится вполнѣ опредѣленный и удовлетворительный (по крайней мѣрѣ очень хорошо согласующійся съ большинствомъ наблюдаемыхъ фактовъ) пріемъ для выраженія того, какъ именно реакціи алкоголя обусловливаются числомъ и расположеніемъ отдѣльныхъ атомовъ, образующихъ молекулу этого сложнаго соединенія. Но, однако, изображенія молекулы алкоголя *нельзя* разсматривать, какъ *дѣйствительно подобное* молекулѣ алкоголя. Во всякомъ случаѣ, то, на что въ дѣйствительности похожа молекула, не можетъ представлять простого скопленія атомовъ, расположенныхъ неизмѣнно относительно другъ друга, и притомъ всѣхъ въ одной плоскости. Эта *формула* строенія, подобно всѣмъ другимъ, построеннымъ на основаніи тѣхъ же соображеній, *есть* скорѣе только *пріемъ*, который помогаетъ намъ ясно и опредѣленно представлять себѣ и выражать основную задачу химіи — а именно, соотношеніе между составомъ и свойствами. И надо сказать, этотъ пріемъ достигаетъ удивительныхъ результатовъ: достаточно сказать, что онъ носитъ въ себѣ, такъ сказать, зародыши дальнѣйшаго развитія нашихъ представленій о дѣйствительномъ строеніи химической молекулы.

Вернемся теперь опять къ занимающему насъ частному случаю соотношенія между составомъ тѣла и его реакціями, а именно къ изученію мочевины и изоціановокислаго аммонія. Молекулярный вѣсъ этихъ двухъ соединеній одинаковъ и частицы ихъ сложены изъ

одного и того же числа атомовъ, однихъ тѣхъ же элементарныхъ тѣлъ. Реакціи изоціановокислаго аммонія, какъ и показываетъ его названіе, убѣждаютъ насъ въ томъ, что это соль аммонія, аналогичная нашатырю (хлористому аммонію) или углекислому аммонію (летучей соли). Если мы захотимъ выразить составъ солей аммонія формулой строенія, вполнѣ согласованной со всѣми ихъ реакціями то, конечно, придется воспользоваться спеціальнымъ языкомъ теоріи строенія: набросокъ этой теоріи я старался дать вамъ въ предыдущихъ параграфахъ, и поэтому теперь я могу просто сказать, что въ соляхъ аммонія мы должны допустить существованіе въ молекулѣ атомной группы, которая состоитъ изъ одного атома азота, связаннаго непосредственно съ четырьмя атомами водорода. Опираясь на это предположеніе, мы представляемъ себѣ молекулу изоціановокислаго аммонія въ видѣ такой формулы.

$$H_4\equiv N - N - C - O$$

Съ другой стороны, реакція мочевины вполнѣ согласуется съ расположеніемъ атомовъ въ молекулѣ, которое можно выразить символически такой формулой:

$$\begin{array}{c} H_2=N - \underset{\displaystyle O}{\overset{}{\underset{|}{C}}} - N=H_2 \end{array}$$

Итакъ, реакціи изоціановокислаго аммонія таковы, какъ будто бы молекула этой соли составлена путемъ соединенія двухъ атомныхъ группъ: одной та-

кой, въ которой одинъ атомъ азота находится въ непосредственномъ соединеніи съ четырьмя атомами водорода, а другой такой, въ которой одинъ атомъ углерода связанъ непосредственно съ однимъ атомомъ азота и съ однимъ атомомъ кислорода; обѣ эти группы отдѣлены другъ отъ друга на нашемъ изображеніи пунктирной линіей. Далѣе надо сказать, что сдѣланное нами предположеніе о способѣ соединенія этихъ двухъ группъ, а именно, что онѣ удерживаются вмѣстѣ благодаря взаимодѣйствію атома азота, соединеннаго съ четырьмя атомами водорода съ одной стороны и азота, соединеннаго съ углеродомъ—съ другой, то это предположеніе находится въ наибольшемъ согласіи со всѣми реакціями изоціановокислаго аммонія, чѣмъ всякое другое предположеніе, касающееся характера связи двухъ атомныхъ группъ, входящихъ въ составъ молекулы разбираемой нами соли.

Если мы захотимъ теперь выразить реакціи мочевины языкомъ теоріи молекулярнаго строенія, которая оказалась столь полезной для обобщенія извѣстныхъ фактовъ и для подыскиванія новыхъ, то мы должны будемъ представить себѣ, что молекула мочевины образовалась отъ соединенія трехъ атомныхъ группъ; одна изъ нихъ состоитъ изъ одного атома углерода, непосредственно соединеннаго съ кислородомъ (группа CO); углеродъ этой группы находится въ прямомъ соединеніи съ двумя другими одинаковыми группами, изъ которыхъ каждая въ свою очередь состоитъ изъ одного атома азота, удерживающаго при себѣ два

атома водорода. Эти три отдѣльныхъ атомныхъ группы тоже отдѣлены на изображеніи (стр. 231) пунктиромъ. Обѣ эти формулы—формула мочевины и изоціановокислаго аммонія—заключаютъ въ себѣ и то представленіе о сложныхъ радикалахъ, которое мы иллюстрировали на примѣрахъ въ главѣ VIII, пользуясь атомической и молекулярной теоріей.

Теперь мы подробнѣе познакомились съ понятіями объ атомѣ и молекулѣ и пріобрѣли болѣе ясное и глубокое представленіе о способахъ выраженія соотношеній между составомъ тѣла и его реакціями, а именно мы нашли, что они зависятъ, кромѣ другихъ условій, отъ расположенія атомовъ въ молекулѣ сложныхъ химическихъ соединеній. Понятно, что и наши представленія о сложныхъ радикалахъ сдѣлались теперь яснѣе и опредѣленнѣе. Теперь мы можемъ представлять себѣ сложный радикалъ, какъ опредѣленную группу атомовъ, которые при этомъ расположены въ строго опредѣленномъ порядкѣ; группа эта такъ прочно и стойко держится, что цѣликомъ можетъ переходить изъ одной молекулы въ другую, не распадаясь при этомъ на отдѣльныя части. Поэтому-то мы и допускаемъ возможность того, что очень многія молекулы образовались путемъ сочетанія различныхъ сложныхъ радикаловъ.

Раньше мы въ значительной мѣрѣ облегчили себѣ сравненіе, сопоставленіе и классификацію сложныхъ соединеній, представляя себѣ, что реакціи этихъ соединеній совершаются между чрезвычайно малыми частями этихъ соединеній—эти части мы

назвали молекулами; точно также, разсуждая подобнымъ же образомъ, мы въ значительной мѣрѣ упростили ходъ сравненія, противуположенія и классификаціи сложныхъ химическихъ соединеній, представляя себѣ ихъ реакціи связанными опредѣленнымъ образомъ съ расположеніемъ въ группы тѣхъ частей молекулъ, которыя мы называли атомами; наконецъ, для дальнѣйшаго упрощенія точной классификаціи сложныхъ соединеній, мы воспользовались особымъ пріемомъ для представленія себѣ внутренняго строенія молекулъ, который явился, такъ сказать, слѣдствіемъ молекулярной и атомистической теоріи—съ одной стороны, и представленія о предѣльномъ числѣ атомовъ, способныхъ удерживаться однимъ какимъ-нибудь обособленнымъ атомомъ—съ другой; и это послѣднее представленіе является новымъ выводомъ изъ сопоставленія различныхъ химическихъ превращеній съ понятіемъ о зернистомъ строеніи вещества.

Итакъ, свойства какого-нибудь химическаго соединенія—это свойства его молекулъ—это во первыхъ; во вторыхъ—свойства молекулы обусловливаются не только числомъ и природой атомовъ, входящихъ въ ея соста, но также и расположеніемъ этихъ атомовъ въ молекулѣ; въ третьихъ—является вполнѣ возможнымъ расположить одно и то же число однихъ и тѣхъ же атомовъ различными способами, сообразуясь при этомъ съ тѣмъ предѣльнымъ числомъ атомовъ, которое, какъ мы знаемъ, способенъ удерживать въ прямомъ соединеніи съ собой тотъ или

другой атомъ въ молекулѣ сложнаго химическаго соединенія. Если принять во вниманіе три этихъ вывода изъ нашихъ наблюденій и предположеній, то для насъ станетъ яснымъ, что должны существовать многочисленные примѣры существованія такихъ соединеній, у которыхъ молекулярные вѣса одинаковы, число и природа атомовъ, входящихъ въ составъ ихъ молекулъ тоже одинаковы, а свойства въ то же время рѣзко различны. Такихъ примѣровъ извѣстны сотни, даже десятки тысячъ. Соединенія этого рода изучали съ особеннымъ вниманіемъ; почти всѣ они—соединенія углерода, комбинирующагося въ различныхъ отношеніяхъ съ водородомъ, кислородомъ и азотомъ, съ однимъ изъ этихъ трехъ элементовъ, съ двумя или даже со всѣми тремя сразу.

Изученіе соотношеній между составомъ тѣлъ и ихъ химическими свойствами, въ частности разборъ зависимости свойствъ различныхъ соединеній углерода отъ ихъ состава, направляется въ настоящее время представленіемъ о молекулѣ, какъ о структурномъ сочетаніи отдѣльныхъ атомныхъ группъ. Напримѣръ, при изученіи анилиновыхъ красокъ, о которыхъ мы говорили въ главѣ VII, было бы прямо немыслимо разобраться въ цѣломъ хаосѣ отдѣльныхъ ихъ представителей, если бы не было этого направляющаго наши изслѣдованія представленія. Такъ что въ настоящее время фабрикантъ, если только онъ желаетъ изготовить новыя какія-нибудь краски или же усовершенствовать тѣ пріемы, при помощи которыхъ

дѣлаются уже хорошо изученныя краски, долженъ быть, какъ у себя дома, при разборѣ трудныхъ и запутанныхъ вопросовъ о молекулярномъ строеніи. У насъ нѣтъ другого языка для выраженія взаимныхъ соотношеній такихъ тѣлъ, какъ анилиновыя краски, кромѣ языка—атомовъ, молекулъ, атомныхъ группъ и стойкихъ и неустойчивыхъ атомныхъ системъ. Для того, чтобы правильно пользоваться этимъ языкомъ, требуется постоянная ясность и живость ума, живое воображеніе и извѣстная сноровка, которая пріобрѣтается только продолжительнымъ опытомъ, при переводѣ въ дѣйствительности наблюдаемыхъ въ лабораторіи на этотъ образный языкъ, и обратно—при выраженіи фразъ на этомъ языкѣ при помощи извѣстнымъ образомъ подобранныхъ химическихъ реакцій, которыя можно осуществить въ лабораторіи. И этотъ языкъ, подобно всѣмъ настоящимъ живымъ языкамъ, развивается по мѣрѣ того, какъ появляются новые факты, которые нельзя выразить имѣющимися въ распоряженіи химиковъ понятіями и представленіями, и, такимъ образомъ, постоянно растетъ и усложняется. Такъ, напримѣръ, сравнительно недавно,*) химики стали представлять себѣ, что атомы въ молекулахъ не лежатъ въ одной плоскости, а расположены извѣстнымъ, строго опредѣленнымъ образомъ, по тремъ направленіямъ въ пространствѣ; понятно, что для выраженія этихъ новыхъ представленій сейчасъ же понадобился цѣлый рядъ подходящихъ понятій и терминовъ. Было бы очень легко составить маленькій словарь отдѣльныхъ понятій и пользоваться имъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда приходится самому понимать другихъ или же высказывать тѣ или другія понятія другимъ. Но „путешественникъ по области химіи“, который задумалъ бы производить изслѣдованія, изучивъ только этотъ словарь, скоро бы вернулся назадъ разочарованный, смущенный и сбившійся съ пути: ему казалось бы, что, онъ отыскивая новую краску или какое-нибудь новое лечебное средство, шелъ въ лабораторію правильнымъ путемъ, а природа даетъ ему вмѣсто желаемыхъ тѣлъ что-то совершенно не подходящее. Понятно, ему придется начинать все сначала и изучать языкъ не по отдѣльнымъ разрозненнымъ словамъ, а по фразамъ, полнымъ глубокаго смысла.

*) Приблизительно съ 1884 года, благодаря трудамъ Ле-Беля, Вант-Гоффа, Вислиценуса и др.

Успѣхи, которыхъ достигли въ настоящее время главнѣйшія отрасли нашей химической промышленности, немыслимы безъ отчетливаго и, насколько это возможно, точнаго знанія химическихъ превращеній и тѣхъ пріемовъ, при помощи которыхъ эти превращенія выражаются, сравниваются между собой, противупоставляются другъ другу и, наконецъ, классифицируются. Успѣхи въ болѣе усовершенствованныхъ областяхъ химическихъ производствъ достигаются только такими людьми, которые или сами получили вполнѣ законченное химическое образованіе или же пользуются совѣтами и непосредственнымъ руководствомъ чрезвычайно опытныхъ, энергичныхъ и всесторонне химически развитыхъ химиковъ. А что-

бы сдѣлаться опытнымъ и могущимъ разсчитывать на практическое выполненіе задуманныхъ химикомъ плановъ, надо посвятить многіе и многіе годы на изученіе вопросовъ и задачъ, которыя принадлежатъ къ области соотношеній между строеніемъ молекулъ и свойствами соединеній, образующихся при взаимодѣйствіи этихъ молекулъ. На первый взглядъ кажется, что такой химикъ сходитъ съ тропинки, проложенной ногами тѣхъ, кого съ легонькой насмѣшкой называютъ „практическими людьми,“ на другую, не нужную ему дорогу, но на самомъ дѣлѣ, подвигаясь впередъ только по этой дорогѣ, онъ придетъ вѣрнѣе къ тѣмъ практическимъ результатамъ, которые всѣми оцѣниваются на наличные деньги. Для того чтобы подтвердить вѣрность моего заключенія, я могу сослаться на исторію возникновенія и развитія германской химической промышленности.

Мыловареніе, выдѣлка параффина; перегонка и очистка керосина и смазочныхъ маселъ; сыровареніе и большая часть операцій, связанныхъ съ воздѣлываніемъ полезныхъ растеній и откармливаніемъ животныхъ въ сельскомъ хозяйствѣ; сахарное производство; выкуриваніе спирта, винодѣліе и изготовленіе другихъ спиртныхъ напитковъ; приготовленіе взрывчатыхъ веществъ и бездымнаго пороха; кожевенное дѣло — дубленіе кожъ и выдѣлка замши; крашеніе; ситце-набивное производство; изготовленіе искусственныхъ красящихъ веществъ разнаго рода; приготовленіе красокъ изъ природныхъ веществъ; полученіе масляныхъ красокъ; подыскиваніе подходящихъ пріемовъ для закрѣпленія красокъ на деревѣ, тканяхъ и т. д.; изготовленіе различныхъ лаковъ, предохраняющихъ окрашенныя поверхности отъ разрушающаго дѣйствія атмосферы; добываніе и примѣненіе обеззараживающихъ (дезинфецирующихъ) и противогнилостныхъ (антисептическихъ) веществъ; приготовленіе анестезирующихъ (лишающихъ на время способности чувствовать боль и т. д.) веществъ; приготовленіе новыхъ врачебныхъ средствъ — это все химическія производства, и чтобы заниматься однимъ изъ нихъ съ успѣхомъ, даже если подъ успѣхомъ не подразумѣвается ничего большаго, кромѣ денежныхъ выгодъ, требуется отчетливое знаніе химическихъ фактовъ и химическихъ законовъ. Кромѣ того нельзя достигать какихъ бы то ни было постоянныхъ усовершенствованій или важныхъ улучшеній въ этихъ производствахъ безъ приложенія къ практикѣ того, что достигнуто путемъ глубокаго и основательнаго изученія химическихъ явленій; это же изученіе, а вмѣстѣ съ нимъ и знаніе, достигается исключительно путемъ разрѣшенія такихъ задачъ, которыя, съ точки зрѣнія непосвященнаго человѣка, совершенно не приложимы къ практическимъ цѣлямъ, ведущимъ къ матерьяльному благу человѣчества

Вернемся еще разъ на короткое время къ изученію строенія молекулъ. Это изученіе привело къ признанію существованія молекулярной симметріи, т. е. взаимнаго уравновѣшиванія частей молекулы. Производя точныя изслѣдованія соотношеній между

составомъ и свойствами, всегда необходимо имѣть въ виду то обстоятельство, что свойства какой-нибудь чрезвычайно сложной молекулы обусловливаются взаимнымъ сочетаніемъ свойствъ и положенія различныхъ сложныхъ радикаловъ, входящихъ въ составъ молекулы. Можетъ быть и такъ, что замѣщеніе извѣстнаго сложнаго радикала какимъ нибудь атомомъ или новой атомной группой повлечетъ за собой такое рѣзко выраженное измѣненіе свойствъ молекулы, что эта молекула сдѣлается неустойчивой и готовой уже распасться на отдѣльныя части; въ то же время введеніе въ эту же молекулу другихъ атомныхъ группъ, со свойствами совершенно иными, чѣмъ тѣ, которыя уже находятся въ молекулѣ, можетъ возстановить равновѣсіе и прочность, которымъ угрожала опасность. Какъ примѣръ можно указать опять анилиновыя краски. Положимъ, что строеніе молекулы нѣкотораго опредѣленнаго химическаго соединенія, обладающаго способностью окрашивать ткани въ синевато-пурпуровый цвѣтъ, настолько намъ извѣстны, что мы можемъ приписать этому соединенію строго опредѣленную формулу строенія; предположимъ далѣе, что вмѣсто одного атома водорода въ молекулу этого соединенія мы ввели нѣкоторую атомную группу,—и въ результатѣ этого замѣщенія у насъ получится соединеніе, окрашивающее въ яркій и темный синій цвѣтъ. Введемъ въ молекулу первоначально взятаго соединенія вмѣсто одного атома водорода уже другую атомную группу,—получается продуктъ, окрашивающій въ красновато-

пурпуровый цвѣтъ. Положимъ теперь, что мы хотимъ изготовить краску, окрашивающую въ сочный и густой пурпуровый цвѣтъ, безъ рѣзко выраженнаго синеватаго или красноватаго оттѣнка. Для этой цѣли стоитъ только ввести въ молекулу нашей основной краски обѣ атомныхъ группы, о которыхъ только что шла рѣчь. Тогда одна изъ этихъ группъ, какъ было сказано, внесетъ съ собой способность окрашивать синеватымъ тономъ, а другая—вызоветъ появленіе тона красноватаго; въ результатѣ окажется, что стремленіе одной группы вызвать красноватый оттѣнокъ будетъ погашаться наклонностью другой—давать синеватый, и въ концѣ концовъ получается краска, обладающая способностью окрашивать въ чистый пурпуровый тонъ, т. е. та, которую мы и хотѣли получить. Молекулярная симметрія такимъ образомъ сохраняется, благодаря противуположному дѣйствію двухъ различныхъ атомныхъ группъ, введенныхъ въ молекулу.

„Симметрія“, говоритъ Рёскинъ (Ruskin) „достигается и сохраняется противоположеніемъ двухъ равныхъ количествъ одно другому“.

Въ молекулярной архитектурѣ симметрія достигается взаимнымъ противоположеніемъ различныхъ атомныхъ группъ, которыя вовсе не должны быть непремѣнно равными по количеству, если измѣрять количество матеріи по вѣсу; это равенство въ данномъ случаѣ заключается въ способности вызывать въ свойствахъ молекулъ равныя измѣненія, но при этомъ въ противуположныхъ или, по крайней мѣрѣ, только въ различныхъ направленіяхъ. Но, какъ мы

знаемъ, вліяніе той или другой атомной группы на свойства молекулы можно опредѣлить, только вводя эту опредѣленную группу въ по возможности разнообразныя молекулы и изслѣдуя тѣ измѣненія свойствъ, которыя влечетъ за собой это замѣщеніе. Это и составляетъ давно извѣстное уже затрудненіе: мы вѣдь не можемъ взять, такъ сказать, атомную группу въ руки, изслѣдовать и записать (зарегистрировать) ея свойства, а затѣмъ объяснить, какимъ именно образомъ свойства извѣстной опредѣленной молекулы измѣнились вслѣдствіе замѣщенія этой группой одного или нѣсколькихъ атомовъ какого-нибудь элемента въ нашей молекулѣ. Здѣсь получается какъ разъ то, что и при элементахъ: изученіе свойствъ какого-нибудь элементарнаго тѣла, взятаго самого по себѣ, нисколько не помогаютъ намъ въ томъ случаѣ, когда мы хотимъ предсказать зарапѣе, какими именно свойствами будутъ обладать соединенія этого элемента. Тутъ годнымъ оказывается одинъ единственный методъ: при теперешнемъ широкомъ развитіи химическихъ представленій, которыя мы можемъ назвать ученіемъ о химической симметріи, какъ и при самыхъ раннихъ попыткахъ поставить въ связь свойства элементовъ со свойствами ихъ химическихъ соединеній, единственнымъ путемъ, которымъ достигалось дѣйствительное знаніе предмета, было постоянное тщательное и точное изученіе измѣненій свойствъ химическихъ соединеній въ связи съ измѣненіями ихъ состава; въ связи съ этимъ изученіемъ должно стоять постоянное стремленіе связать эти

два рода измѣненій и выразить эту связь или зависимость нѣкоторымъ яснымъ и точнымъ языкомъ, хотя бы этотъ языкъ и былъ, какъ онъ на самомъ дѣлѣ и есть, въ высшей степени символическимъ.

Таковы были всегда и такими должны быть всегда тѣ два пути, по которымъ двигалась, постоянно совершенствуясь, химическая наука. Она постоянно совершенствовалась, изучая составъ и изслѣдуя свойства; но подъ изслѣдованіемъ химическаго состава всегда подразумѣвается изученіе *измѣненій этого состава*, а изученіе химическихъ свойствъ равносильно изученію *измѣненія свойствъ* при химическихъ превращеніяхъ. Наибольшій же прогрессъ въ области этихъ изслѣдованій всегда достигался путемъ сочетанія этихъ двухъ направленій и путемъ вывода обобщеній, связывающихъ опредѣленныя измѣненія одного рода съ опредѣленными измѣненіями другого рода.

Можно, конечно, предложить и такой вопросъ: что же хорошаго и полезнаго заключается въ самой теоріи существованія молекулъ и атомовъ, когда эти предметы существуютъ только въ нашемъ воображеніи или, если бы они даже существовали въ дѣйствительности, то никакой человѣческій глазъ не могъ бы все равно увидѣть ихъ,—настолько они предполагаются малыми? Лучше обращать вниманіе только на факты, и тогда у насъ будетъ въ основѣ всего прочная и вполнѣ надежная почва. Что же, можно ограничиваться только тѣмъ, что мы называемъ фактами, но только тогда мы очень скоро отстанемъ отъ

идущихъ по строго научному пути. Мы тогда окажемся въ положенiи пловца на плотикѣ, жалкомъ, утломъ, сколоченномъ изъ мало подходящихъ другъ къ другу фактовъ; мы скоро очутимся среди хаоса разрозненныхъ фактовъ, совершенно сбитые съ пути, не зная, куда направиться и можемъ погибнуть, если только спасательный поясъ изъ теорiй и гипотезъ не поможетъ намъ добраться до твердаго берега прочнаго и испытаннаго знанiя.

Атомическая и молекулярная теорiя является вполнѣ надежнымъ и вѣрнымъ проводникомъ при изученiи разрозненныхъ фактовъ. Каждый день она приводитъ къ открытiю новыхъ фактовъ, такъ что иной разъ можно было бы пожелать, чтобы ихъ не было такъ много, и каждый день она расширяетъ смыслъ и знанiе тѣхъ фактовъ, которые считались какъ бы изученными вполнѣ. А какъ только мы привыкнемъ вполнѣ ясно представлять себѣ отдѣльныя тѣла, какъ сложныя молекулярныя постройки, и соотношенiя между ними, какъ слѣдствiе расположенiя въ молекулахъ отдѣльныхъ частей, а физическiя и химическiя свойства цѣлаго, какъ результатъ опредѣленнаго сочетанiя свойствъ безконечно малыхъ частей матерiи, то тогда мы будемъ въ состоянiи согласовать эти представленiя съ явленiями, происходящими въ громадныхъ размѣрахъ въ природѣ, въ нѣсколько меньшемъ, но все еще довольно большомъ объемѣ на нашихъ фабрикахъ и заводахъ и, наконецъ, въ совсѣмъ уже небольшихъ размѣрахъ въ лабораторiяхъ; тогда эти представленiя будутъ запечатлѣны у

насъ въ умѣ въ полномъ порядкѣ, по опредѣленному плану и расположенiю и вполнѣ симметрично, и мы всегда можемъ переносить ихъ на почву прочныхъ и стойкихъ фактовъ, наблюдаемыхъ въ природѣ и въ лабораторiяхъ. Понятно, что такое стройное мышленiе не можетъ не повлiять въ хорошемъ направленiи на человѣчество, и оно въ дѣйствительности служитъ сильнымъ противовѣсомъ къ ожесточающимъ и губящимъ человѣка стремленiямъ, которыми такъ богата наша теперешняя жизнь, и ведетъ къ большему и большему торжеству гуманности, развитiемъ которой не даромъ гордился девятнадцатый вѣкъ.

Итакъ атомы представляютъ собой тѣ послѣднiе небольшiе кирпичи, изъ которыхъ химiя воздвигаетъ всѣ свои разнообразнѣйшiя постройки. Въ настоящее время рѣдко кто сомнѣвается въ томъ, что свойства всѣхъ химическихъ соединенiй, а также ихъ составъ (по числу и порядку группировокъ атомовъ) тѣснымъ и опредѣленнымъ образомъ связанъ съ относительными вѣсами атомовъ элементовъ; интересно замѣтить, что связь эта такого рода, что въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ можно установить опредѣленную форму, допускающую прямое приложенiе одного общаго закона. Глубоко вѣрное опредѣленiе науки химiи сдѣлано великимъ русскимъ химикомъ Д. И. Менделѣевымъ въ слѣдующихъ словахъ: „Химiя занимается изслѣдованiемъ, какого рода измѣненiя происходятъ при взаимныхъ сочетанiяхъ неизмѣняемаго“. Это „неизмѣняемое“ — атомы отдѣльныхъ элементовъ, сочетанiя ихъ — молекулы простыхъ тѣлъ

и сложныхъ химическихъ соединеній, а задача химіи описывать измѣненія свойствъ, которыя проявляются въ тѣхъ случаяхъ, когда эти неизмѣняемые атомы комбинируются другъ съ другомъ, образуя различнаго рода молекулы.

ГЛАВА X.

Общіе выводы и заключеніе.

Въ предыдущихъ главахъ этой книжки я старался выяснить важнѣйшіе признаки, характеризующія тѣ превращенія матеріи, которыя составляютъ главный предметъ химической науки. Для этого мы сначала постарались сдѣлать по возможности явнымъ дѣленіе всѣхъ тѣлъ природы въ химическомъ отношеніи на элементы и не элементы, а затѣмъ и указать на подраздѣленіе второго рода тѣлъ въ свою очередь— на смѣси и сложныя химическія соединенія. Затѣмъ я сдѣлалъ небольшой набросокъ методовъ, которые приводятъ насъ къ возможности выражать составъ сложныхъ соединеній при помощи тѣхъ элементовъ, изъ которыхъ образуются эти соединенія или которыя получаются при химическомъ расщепленіи сложныхъ тѣлъ, и указалъ на главныя результаты приложенія этихъ методовъ. Далѣе я далъ нѣсколько примѣровъ химическихъ реакцій или химическихъ свойствъ и указалъ, чѣмъ именно они отличаются отъ физическихъ свойствъ; далѣе на приведенныхъ примѣрахъ я далъ понятіе о томъ пути, которымъ шли химики при изученіи реакцій элементовъ и сложныхъ соединеній, и указалъ на главнѣйшіе добытые этимъ путемъ результаты. Такимъ образомъ я все время старался установить и разъяснить примѣрами самую существенную задачу химіи, которая, какъ намъ теперь хорошо извѣстно, состоитъ въ выясненіи зависимости между свойствами тѣлъ и ихъ составомъ съ одной стороны и связи между измѣненіями свойствъ съ измѣненіемъ состава—съ другой. Занимаясь этимъ вопросомъ, я принужденъ былъ постоянно имѣть дѣло съ одной только теоріей строенія матеріи, которая дала намъ очень подходящую гипотезу для дальнѣйшаго выясненія соотношеній между составомъ и химическими реакціями. При этомъ я счелъ необходимымъ сказать нѣсколько словъ и о томъ спеціальномъ языкѣ, созданномъ для этой теоріи, которымъ химики пользуются, какъ полезнымъ инструментомъ, когда имъ необходимо выразить наблюдаемыя ими соотношенія между реакціями и составомъ; языкъ этотъ кромѣ того является чрезвычайно полезнымъ, какъ средство для построенія предположеній, которыя могли бы быть провѣрены путемъ лабораторнаго опыта.

Я не пытался излагать ходъ развитія химическихъ знаній въ историческомъ порядкѣ, но время отъ времени я старался показать вамъ разницу между старыми и новыми взглядами на явленія, изслѣдованіемъ которыхъ занимается химія. Конечно, по самымъ условіямъ моей задачи я былъ принужденъ умолчать о цѣлыхъ обширныхъ областяхъ химической науки. Я могъ, въ дѣйствительности, сдѣлать

только въ самыхъ общихъ чертахъ небольшіе и краткіе очерки, взятые то изъ той то изъ другой области исторіи химіи, но я надѣюсь, что они взяты были мной не совсѣмъ наудачу.

Однако, о самихъ химикахъ—тѣхъ людяхъ, которые изучали превращенія матеріи, постепенно разъясняли эти превращенія и привели химическія знанія къ той степени совершенства, которой они достигаютъ въ настоящее время—результатъ, который они всѣ ставили себѣ цѣлью,—я до сихъ поръ говорилъ очень мало или, лучше сказать, не сказалъ ничего. Эти люди принадлежали къ различнымъ національностямъ; характеры ихъ, сказавшіеся въ ихъ ученыхъ трудахъ, тоже были различны: одни изъ нихъ работали медленно и усидчиво, другіе—быстро и блестяще, постоянно мѣняя предметъ изслѣдованія; но всѣхъ ихъ побуждала къ занятіямъ наукой постоянная любознательность и руководились они сильнымъ и могучимъ умомъ. Въ нашей странѣ (Англіи) работали Блэкъ (Black), эдинбургскій профессоръ—самый методичный человѣкъ, какого только можно представить себѣ, Пристлей (Pristley)—непостоянный, всегда оригинальный, съ умомъ, полнымъ новыхъ открытій, Дальтонъ (правильнѣе Дóлтонъ-D lton)—по существу скорѣе мыслитель, чѣмъ экспериментаторъ, Деви (Davy)—самый блестящій и убѣжденнѣйшій изъ англійскихъ химиковъ, Кэвендишъ (Cavendish) старательный труженникъ и основатель цѣлыхъ новыхъ областей въ опытной химіи, Гремъ (Graham)—атомистъ и предшественникъ теперешнихъ физиче-

скихъ химиковъ и, наконецъ, Фарадей (Faraday)—совершеннѣйшій типъ ученаго естествоиспытателя. Франція можетъ гордиться именемъ Лавуазье (Lavoisier)—основателя современной научной химіи—величайшимъ именемъ въ исторіи науки. Франціи наука обязана и Дюма (Dumas), который жилъ и работалъ въ то время, когда органическая химія (въ научномъ значеніи) только что появилась на свѣтъ; это былъ убѣжденный ученый, блестящій ораторъ и великій химикъ. На долю Германіи въ исторіи химіи приходится очень много славныхъ и великихъ именъ: Либихъ (Liebig),—одно имя котораго могло бы сдѣлать блестящими лѣтописи любой націи; Гумбольтъ (Humbolt), о которомъ можно, пожалуй, сказать, что онъ совмѣщалъ въ себѣ всѣ извѣстныя знанія; Велеръ, (Wöhler) одинъ изъ величайшихъ дѣятелей въ области минеральной химіи, Гофманъ (Hofmann),—величайшій химикъ-органикъ и, наконецъ, Бунзенъ (Bunsen), которому такъ много обязаны и физика и химія. Швеція обезсмертила себя въ химіи работами Шееле (Scheele) и Берцеліуса (Berzelius). Италія съ гордостью произноситъ имена Авогадро (Avogadro) и Каниццаро (Canizzaro), который еще живетъ и работаетъ надъ рѣшеніемъ химическихъ вопросовъ. Но никто изъ химиковъ не отличался такими глубоко философскими взглядами на химическіе вопросы и такимъ проницательнымъ и точнымъ представленіемъ, какъ русскій ученый Д. И. Менделѣевъ, который и въ настоящее время стоитъ еще въ самомъ пылу битвы. Много есть еще славныхъ

именъ великихъ химиковъ въ исторіи химіи, но и тѣхъ, имена которыхъ я привелъ, достаточно для того, чтобы со всей убѣдительностью доказать, что для науки не существуетъ національностей, и мы не признаемъ ихъ. И такъ химія постепенно расширяется по двумъ направленіямъ; она ведетъ людей, которые ее изучаютъ, къ самымъ возвышеннымъ и по большей части отвлеченнымъ теоріямъ и умозрительнымъ соображеніямъ, касающимся природы матеріи—съ одной стороны, и принимаетъ участіе въ огромномъ большинствѣ нашихъ фабричныхъ и заводскихъ производствъ и соприкасается тѣмъ или инымъ образомъ съ нашей повседневной жизнью—съ другой. Она, такимъ образомъ, является въ одно и тоже время и самой отвлеченной и самой простой, прикладной наукой.

Химія соприкасается съ самыми обычными дѣйствіями и явленіями въ жизни человѣка, и поэтому, изучая химію, мы буквально можемъ сказать, что „нѣтъ момента, который прошелъ бы безъ того, что безконечное не было бы у насъ въ рукахъ".

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ВАЖНѢЙШІЯ ОПЕЧАТКИ.

Стран.	Строка.	Напечатано.	Должно быть.
36	6 сн.	недѣятельный	дѣятельный
38	7 св.	менѣе	болѣе
70	7 св.	свинецъ	цинкъ
72	10 сн.	скандіемъ	скандіемъ
84	3 св.	углерода	желѣза
92	2 св.	раздѣленіе	разъясненія
96	11 сн.	виды	воды
146	9 св.	метолловъ	металловъ
168	3 сн.	патрій	натрій
200	1 св.	9 разъ	5 разъ
212	10 сн.	100:27:27=44:x	100:27,27=44:x
215	7 св.	то	но